



Contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023

Commission Internationale pour la Protection du Rhin

Rapport n° 311

Clause de non-responsabilité sur l'accessibilité aux documents

La CIPR s'efforce de faciliter l'accès à ses documents dans la plus grande mesure possible. Par souci d'efficacité, il n'est pas toujours possible de rendre tous les documents totalement accessibles dans les différentes langues (par ex. avec des passages explicatifs pour tous les graphiques ou dans un langage aisément compréhensible). Le présent rapport contient éventuellement des figures et des tableaux. Pour plus d'explications, veuillez contacter le secrétariat de la CIPR au 0049261-94252-0 ou à l'adresse courriel sekretariat@iksr.de.

Mentions légales

Editeur :

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Coblenza
Postfach : 20 02 53, D 56002 Coblenza
Téléphone : +49-(0)261-94252-0
Courrier électronique : sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

Rapport final

Contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023

Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311

Code d'étude IME : 2023-030

Mandant

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15
56068 Coblenza
Allemagne

Contact (mandant)

Tabea Stötter

Prestataire

Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology (IME)
Auf dem Aberg 1
57392 Schmallenberg, Germany

Direction de l'institut

Prof. Dr. Christoph Schäfers
Prof. Dr. Stefan Schillberg

Direction de projet

Dr. Bernd Göckener
Dr. René Lämmer

Nombre de pages

221

Date

2 décembre 2025

Liste des abréviations

BCF	Facteur de bioconcentration (<i>bioconcentration factor</i>)
BDE	Diphényléthers bromés
CAS	Chemical Abstracts Service
CIPR	Commission Internationale pour la Protection du Rhin
DDT	p, p'-dichlorodiphényltrichloroéthane
dl-PCB	Polychlorobiphényles de type dioxine
HBCDD	Hexabromocyclododécane
HC	Heptachlore
HCB	Hexachlorobenzène
HCDB	Hexachlorobutadiène
HCE	Époxyde d'heptachlore
Hg	Mercure
HPA	Hydrocarbures polycycliques aromatiques
Log Kow	Coefficient de partage octanol/eau
LQ	Limite de quantification
MS	Matière sèche
NQE	Norme de qualité environnementale
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PBDE	Diphényléthers bromés
PCB	Polychlorobiphényles
PCDD/F	Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes
PF	Poids frais (synonyme ici du poids humide)
PFAS	Composés per- et polyfluoroalkylées
PFOS	Acide perfluorooctanesulfonique
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
TCDD	Tétrachlorodibenzo-p-dioxine
TEQ	Équivalents toxiques
UE	Union européenne

Résumé

Le présent rapport regroupe l'évaluation des données de monitoring recensées dans les analyses du biote du bassin du Rhin de 2015 à 2023. Il a pour objectif de comparer les résultats dans l'espace et dans le temps pour les poissons et les coquillages.

Au total, les données de 345 échantillons ont été évaluées dans le cadre du rapport. Ces données proviennent de 224 échantillons de poissons et de 121 échantillons de coquillages. Toutes les données ont été considérées d'une part sous forme non normalisée et d'autre part sous forme normalisée au taux de lipides et/ou de matière sèche, conformément aux propriétés des substances analysées, et elles ont été converties, quand il a été possible de le faire, en valeurs rapportées au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle des NQE (filet ou poisson entier).

Les trois périodes suivantes sont considérées : de 2015 à 2016, de 2017 à 2019 et de 2020 à 2022 (ou 2023 pour les coquillages). Ceci autorise une comparaison grossière et permet de tirer des tendances générales. Pour obtenir à l'avenir des tendances qui soient fiables sur le plan statistique, il faudrait viser à obtenir des données aussi continues que possible.

La comparaison spatiale sous forme de cartes de pression (annexes A.1 et A.2) a porté sur les années 2016 à 2023, d'une part pour faire suite au rapport antérieur, qui regroupait des données de 2014 et 2015, et d'autre part pour atténuer l'effet des données de 2015, qui affichaient dans certaines masses d'eau des valeurs nettement plus élevées que celles des années suivantes.

Le fait que les limites de quantification de nombreux laboratoires sont en partie nettement supérieures aux NQE biote de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore est jugé problématique. Lorsque les limites de quantification sont suffisamment basses, presque toutes les valeurs mesurées dépassent les NQE biote, et l'on peut donc supposer un dépassement pratiquement systématique (voir tableau 1). Pour pouvoir tirer une conclusion sur le dépassement des NQE, il est fortement recommandé de choisir des laboratoires qui utilisent des méthodes d'analyse suffisamment sensibles.

Le manque d'informations sur le taux de lipides et surtout de matières sèches a également posé problème. Comme le taux de matières sèches varie peu, autant entre les espèces de poissons qu'au sein d'une même espèce, des médianes couvrant toutes les espèces ont été utilisées comme valeurs de substitution pour la normalisation des échantillons de filets et de poissons entiers sans taux de matières sèches disponibles. Il n'a pas été possible d'utiliser des valeurs proxy pour les taux de lipides manquants.

Les résultats ont été rassemblés dans les tableaux 1 et 2 sans tenir compte des différences spatiales et temporelles. Il ressort clairement que les substances dicofol, hexabromocyclodécane et hexachlorobutadiène n'affichent pas de dépassement des NQE biote dans le bassin du Rhin. En revanche, les substances ou groupes de substances

heptachlore, époxyde d'heptachlore, diphényléthers polybromés et mercure présentent des dépassements pratiquement systématiques des NQE biote. Pour ces substances, il convient de vérifier dans les États du bassin du Rhin si des mesures doivent être prises pour réduire les pressions.

Les substances acide perfluorooctane sulfonique, benzo(a)pyrène et fluoranthène présentent des dépassements, mais ils ne sont pas systématiques. Pour les autres substances, à savoir l'hexachlorobenzène, les polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes et les polychlorobiphényles de type dioxine, une différence est visible selon que les données soient normalisées ou non pour contrôler le respect des NQE. Des dépassements de la NQE pour le biote ne sont apparus qu'après la normalisation. Dans le cas de l'hexachlorobenzène cependant, cette différence ne porte que sur trois masses d'eau.

Le groupe d'experts de la CIPR qui traite des évaluations du biote va exploiter les résultats disponibles pour réviser les dispositions de futurs recensements du biote.

Tableau 1 : Synthèse des dépassements des NQE dans les poissons (sans comparaison spatiale ou temporelle)

+Substance	Non normalisé	Normalisé
Dicofol	0 %	0 %
Heptachlore et époxyde d'heptachlore*	29 %	23 %
Hexabromocyclododécane	0 %	0 %
Hexachlorobenzène	0 %	6 %**
Hexachlorobutadiène	0 %	0 %
Perfluorooctane sulfonate	33 %	40 %
Diphényléthers polybromés	96 %	97 %
Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes (PCDD/F) et polychlorobiphényles de type dioxine ¹	0 %	25 %
Mercure	94 %	96 %

* Évaluation rouge selon l'estimation des experts, car de très nombreuses valeurs sont inférieures à la limite de dosage et presque toutes les valeurs vérifiables sont supérieures à la NQE pour le biote

** Trois masses d'eau affichant des valeurs nettement plus élevées (Karlsruhe, Mannheim et Clèves-Bimmen)

¹ En tant que TEQ de l'OMS



Tableau 2 : Synthèse des dépassements de NQE dans les coquillages (sans comparaison spatiale ou temporelle)

Substance	Non normalisé	Normalisé
Benzo(a)pyrène	7 %	14 %
Fluoranthène	19 %	14 %
Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes et polychlorobiphényles de type dioxine (PCDD/F et dl-PCB)	0 %	0 %

Légende des tableaux 1 et 2 :

	Pas de dépassement
	Dépassements partiels
	Dépassements (pratiquement) systématiques

Recommandations

La méthode suivie dans le présent rapport est décrite dans le [rapport CIPR n° 259](#) (Projet de mise en cohérence d'analyses de la contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin dans le cadre du troisième cycle de gestion DCE 2021-2027). Le projet doit être remis à jour d'ici fin 2026 pour le cycle de gestion 2028-2033. La CIPR vise ici une plus grande uniformisation.

Le présent chapitre dresse les enseignements tirés de l'évaluation de l'actuel jeu de données et vise à simplifier, accélérer et rendre moins sensibles aux erreurs les travaux de mise au point et d'évaluation de jeux de données similaires à l'avenir. Les deux aspects prioritaires sont ici a) l'exhaustivité et b) l'homogénéité du jeu de données :

- Pour suivre la recommandation de normalisation des données d'analyse au taux de lipides ou de matières sèches, il est nécessaire de disposer pour chaque échantillon d'un taux de lipides ou de matières sèches correspondant. Pour des raisons d'homogénéité, les données ne comportant pas ces informations annexes ne peuvent sinon pas être exploitées ou l'être uniquement de manière restreinte par application de taux moyens de matières sèches.
- La détermination des taux de lipides doit, dans la plus grande mesure possible, être effectuée à l'aide de méthodes comparables.
- Les données biométriques (poids, tailles, âges) doivent être indiquées de manière aussi uniforme que possible pour permettre une comparaison.
- Concernant les échantillons composites de plusieurs poissons, une méthode uniforme devrait être élaborée pour convertir les données relatives à l'âge en une valeur numérique exploitable, afin d'éviter l'indication de fourchettes d'âge.
- Toutes les teneurs polluantes analysées devraient être exprimées de manière uniforme par l'unité « µg/kg PF » pour éviter toutes conversions, questions et interprétations erronées.

Pour les futures observations de tendances, un haut degré de continuité est nécessaire en outre, autant au niveau des prélèvements que de la collecte des données. Les tendances de l'évolution dans le temps et dans l'espace des pressions environnementales ne sont vérifiables sous l'angle statistique que si les impacts de facteurs externes sont minimisés. Il est utile par ailleurs, pour pouvoir calculer des tendances sur une base statistique, d'avoir un nombre similaire d'échantillons pour chaque année d'analyse, dans l'idéal tous les ans, sans que certaines années soient surreprésentées. De plus, quelques masses d'eau devraient être échantillonnées régulièrement, et dans l'idéal à rythme annuel, pour identifier des tendances à ces endroits. En règle fondamentale, les comparaisons par contraste entre deux années assez éloignées l'une de l'autre sont certes possibles mais elles occultent les fluctuations possibles entre ces deux années et sont exposées aux effets de distorsion de

variations annuelles. Les comparaisons par contrastes sont donc moins pertinentes que les calculs de tendances.

Afin de pouvoir intégrer dans les évaluations futures, en règle fondamentale, aussi bien les espèces de poissons omnivores que carnivores et de tenir compte des pressions chimiques différentes tout au long de la chaîne alimentaire, il conviendrait d'envisager une normalisation au niveau trophique et de la mettre en œuvre.

Pour l'analyse de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore, il est nécessaire d'assurer, dans le choix des laboratoires, que ceux-ci puissent atteindre des limites de quantification suffisamment inférieures à la norme de qualité environnementale. Cette condition est indispensable pour contrôler efficacement la norme de qualité environnementale à l'avenir. Le jeu de données montre clairement que de nombreux laboratoires sont déjà en mesure d'analyser avec la sensibilité requise et que les dépassements de la norme de qualité environnementale sont fréquents dans les analyses réalisées par des laboratoires suffisamment sensibles. On ne peut toutefois pas écarter le soupçon que certains dépassements de la norme de qualité environnementale restent totalement inaperçus en raison du choix d'un laboratoire non adéquat. Cette problématique et les dépassements de la norme de qualité environnementale sont également rapportés dans d'autres pays européens (Lyche et al. 2020, Vermeirissen et al. 2017) et soulignent ainsi le manque de connaissances existant.

Pour obtenir une évaluation comparable sur l'ensemble du bassin du Rhin, il convient de clarifier la question de la normalisation. Jusqu'à présent, les États membres de la CIPR ont suivi des approches différentes. La vérification du dépassement ou non de la NQE est effectué en partie sur la base de données normalisées et en partie sur la base de données non normalisées. Une approche uniforme au niveau de l'UE ou au moins de la CIPR devrait être recherchée.

Sommaire

	<u>Page</u>
Liste des abréviations	4
Résumé 5	
Recommandations	8
Sommaire	10
Registre des tableaux	12
Registre des figures	15
1 Introduction et contexte	26
2 Base de données	28
3 Traitement des données et évaluation	34
4 Résultats et discussion	38
4.1 Échantillons de poissons	38
4.1.1 Description du jeu de données	38
4.1.2 Caractérisation des espèces de poissons	44
4.1.3 Comparaison des données de filet et de poisson entier	53
4.1.4 Comparaison des espèces de poissons omnivores et carnivores	57
4.1.5 Synthèse des teneurs polluantes	61
4.1.6 Comparaison spatiale	83
4.2 Échantillons de coquillages	105
4.2.1 Description du jeu de données	105
4.2.2 Caractérisation des espèces de coquillages	111
4.2.3 Synthèse des teneurs polluantes	112
4.2.4 Comparaison spatiale	120
5 Références bibliographiques	130
Annexes	135
A.1 Substances et groupes de substances	136
A.1.1 Benzo(a)pyrène	136
A.1.2 Dicofol	136
A.1.3 Fluoranthène	137
A.1.4 Heptachlore et époxyde d'heptachlore	137
A.1.5 Hexachlorobenzène	137
A.1.6 Hexachlorobutadiène	138
A.1.7 Acide perfluorooctanesulfonique	138

A.1.8	Polybromodiphényléthers et hexabromocyclododécane.....	139
A.1.9	Dioxines et composés de type dioxine	140
A.1.10	Polychlorobiphényles	141
A.1.11	Mercure.....	141
A.1.12	Vue d'ensemble	141
A.2	Figures complémentaires : cartes de pressions sans normalisations	143
A.3	Figures complémentaires : Cartes de pressions avec normalisations.....	167
A.4	Tableaux complémentaires	191

Registre des tableaux

	<u>Page</u>
Tableau 1 : Synthèse des dépassements des NQE dans les poissons (sans comparaison spatiale ou temporelle).....	6
Tableau 2 : Synthèse des dépassements de NQE dans les coquillages (sans comparaison spatiale ou temporelle).....	7
Tableau 3 : Aperçu des masses d'eau issues du jeu de données sur les poissons et les sites de prélèvement	29
Tableau 4 : Aperçu des masses d'eau issues du jeu de données sur les coquillages et les sites de prélèvement.....	32
Tableau 5 : Résumé des substances et groupes de substances analysés et de la normalisation à appliquer, du tissu privilégié pour le contrôle de la NQE et des facteurs de conversion pour les concentrations du filet au poisson entier selon Radermacher et al. (2019) (n. d. : non disponible).	35
Tableau 6 : Tableau synoptique des jeux de données évalués des échantillons de poissons.....	39
Tableau 7 : Taille des différentes espèces de poissons : Paramètres descriptifs	47
Tableau 8 : Poids des différentes espèces de poissons : Paramètres descriptifs....	47
Tableau 9 : Classification des espèces de poissons en omnivores et carnivores....	57
Tableau 10 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. N (total) : nombre de tous les jeux de données fournis ; N (exploitable) ; nombre de tous les jeux de données ayant permis une normalisation ; N (> LQ) : nombre de toutes les valeurs supérieures à la limite de quantification ; (p (test t) : résultat du test t de deux échantillons instantanés distincts. En gras : différences significatives (p < 0,05).	60
Tableau 11 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les poissons omnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.64	
Tableau 12 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les poissons carnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu	

d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. 65

Tableau 13 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans tous les poissons (omnivores et carnivores) : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. 66

Tableau 14 : Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans les poissons omnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au TMS (y compris les matières sèches de substitution) ; autres substances : normalisation aux lipides Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. 75

Tableau 15 : Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans les poissons carnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au taux de matières sèches ; autres substances : normalisation au taux de lipides. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. 75

Tableau 16 : Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans tous les poissons (omnivores et carnivores) : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au taux de matières sèches ; autres substances : normalisation au taux de lipides. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. 77

Tableau 17 : Aperçu des tissus et des espèces de poissons en fonction du niveau trophique (omnivores et carnivores) utilisés pour l'évaluation dans l'espace et type de normalisation par (groupe de) substance(s). 83

Tableau 18 : Tableau synoptique des jeux de données évalués des échantillons de coquillages. 106

Tableau 19 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les coquillages : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2023. 114

Tableau 20 : Synthèse des teneurs normalisées au taux de lipides de polluants dans les coquillages : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2023.	118
Tableau 21 : NQE des substances et groupes de substances étudiées.....	142
Tableau 22 : Vue d'ensemble du jeu d'échantillons de poissons avec données biométriques (toutes les données après uniformisation et nettoyage, valeurs en partie arrondies).....	191
Tableau 23 : Vue d'ensemble du groupe d'échantillons de coquillages avec données biométriques (toutes les données après uniformisation et nettoyage).217	

Registre des figures

	<u>Page</u>
Figure 1 : Carte synoptique de toutes les masses d'eau pour les poissons (légende : voir Tableau 3)	31
Figure 2 : Carte synoptique de toutes les masses d'eau pour les coquillages (légende : voir Tableau 4)	33
Figure 3 : Graphique synoptique des espèces de poissons capturées (valeurs absolues) par année.	40
Figure 4 : Graphique synoptique des espèces de poissons capturées (valeurs relatives) par an.....	41
Figure 5 : Synthèse du nombre d'échantillons par masse d'eau et par espèce de poisson capturée (Rhin, Neckar, Moselle).....	42
Figure 6 : Synthèse du nombre d'échantillons par masse d'eau et par espèce de poisson capturée (Sarre, Lahn, Sûre, Meurthe et autres)	43
Figure 7 : Distribution de la taille des chevesnes, perches fluviatiles et gardons en classes de taille (en général valeurs moyennes d'un échantillon composite)	45
Figure 8 : Distribution du poids des chevesnes, perches fluviatiles et gardons en classes de poids (en général valeurs moyennes d'un échantillon composite)	46
Figure 9 : Boîte à moustaches avec des taux de lipides rapportés dans les échantillons de filets des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons)	49
Figure 10 : Boîte à moustaches avec des taux de lipides rapportés dans les échantillons de poissons entiers des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons)	50
Figure 11 : Boîte à moustaches avec des taux de matières sèches rapportés dans les échantillons de filets des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons)	51
Figure 12 : Boîte à moustaches avec des taux de matières sèches rapportés dans les échantillons de poissons entiers des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons)	52
Figure 13 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Mercure (normalisation au TMS, NQE : 20 µg/kg PF) et PFOS (normalisation au TMS, NQE	

: 9,1 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.....	54
Figure 14 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL, NQE : 0,0065 µg/kg PF) et hexachlorobutadiène (normalisation au TL, pas de conversion possible, n. d. : non disponible, NQE 55 µg/kg). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.....	54
Figure 15 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Hexabromocyclododécane (normalisation au TL, NQE 167 µg/kg PF) et PBDE selon la DCE (normalisation au TL, NQE : 0,0085 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.	55
Figure 16 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Hexachlorobenzène (normalisation au taux de lipides, NQE : 10 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.	55
Figure 17 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL), pas de conversion possible, n. d. : non disponible, NQE : 0,0067 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.	56
Figure 18 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 1 : mercure (normalisation au TMS ; conversion au poisson entier, NQE : 20 µg/kg PF) et PFOS (normalisation au TMS, conversion au filet, NQE : 9,1 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.....	58
Figure 19 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 2 : PCDD/F+PCB de type dioxine (normalisation au TL, conversion au filet, NQE : 0,0065 µg/kg PF) et hexachlorobutadiène (normalisation au TL, échantillons de filet et de poisson entier, NQE : 55 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexachlorobutadiène : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.....	58

Figure 20 :	Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 3 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL, conversion au poisson entier, NQE : 167 µg/kg PF) et PBDE selon la DCE (normalisation au TL, conversion au filet, NQE : 0,0085 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexabromocyclododécane : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.....	59
Figure 21 :	Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 4 : hexachlorobenzène (normalisation au TL ; conversion au filet, NQE : 10 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexachlorobenzène : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.....	59
Figure 22 :	Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 5 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL, échantillons de filet et de poisson entier, NQE : 0,0067 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.....	60
Figure 23 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 1 : mercure (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	68
Figure 24 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 2 : PFOS (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	68
Figure 25 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	69
Figure 26 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 4 : hexachlorobutadiène (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	69
Figure 27 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 5 : hexabromocyclododécane (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	70
Figure 28 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 6 : PBDE selon la DCE (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	70

Figure 29 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 7 : hexachlorobenzène (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	71
Figure 30 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 9 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	71
Figure 31 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 1 : mercure (normalisation au TMS ; y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). ..	79
Figure 32 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 2 : PFOS (normalisation au TMS ; y compris TMS de substitution ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	79
Figure 33 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).	80
Figure 34 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 4 : hexachlorobutadiène (normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).	80
Figure 35 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 5 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	81
Figure 36 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 6 : PBDE selon la DCE (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	81
Figure 37 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 7 : hexachlorobenzène (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	82
Figure 38 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 9 : Heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	82

Figure 39 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Mercure (sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores).....	86
Figure 40 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : PFOS (sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores). ..	87
Figure 41 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation, conversion au filet, omnivores et carnivores). ..	88
Figure 42 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 4 : Hexachlorobutadiène (sans normalisation, filet et poisson entier, omnivores et carnivores). ..	89
Figure 43 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 5 : Hexabromocyclododécane (sans normalisation ; conversion au poisson entier, omnivores et carnivores).	90
Figure 44 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 6 : PBDE selon la DCE (sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores).	91
Figure 45 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 7 : Hexachlorobenzène (sans normalisation, conversion au filet, omnivores et carnivores). ..	92
Figure 46 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 9 : Heptachlore et époxyde d'heptachlore (sans normalisation, filet et poisson entier, omnivores et carnivores). ..	93
Figure 47 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Mercure (normalisation au TMS, y compris TMS de substitution, conversion au poisson entier, uniquement omnivores).....	97
Figure 48 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : PFOS (normalisation au TMS, y compris TMS de substitution, conversion au filet, uniquement omnivores). ..	98
Figure 49 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL, conversion au filet, omnivores et carnivores).....	99

Figure 50 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 4 : hexachlorobutadiène (normalisation au TL, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).....	100
Figure 51 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 5 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL ; conversion au poisson entier, omnivores et carnivores)...	101
Figure 52 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 6 : PBDE selon la DCE (normalisation au TL, conversion au filet, uniquement omnivores).	102
Figure 53 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 7 : hexachlorobenzène (normalisation au TL, conversion au filet, omnivores et carnivores).....	103
Figure 54 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 9 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).....	104
Figure 55 :	Graphique synoptique des espèces de coquillages capturées (valeurs absolues) par an.....	107
Figure 56 :	Distribution des espèces de coquillages capturées par an (pourcentages annuels).	108
Figure 57 :	Synthèse des nombres d'échantillons par masse d'eau et par genre de coquillage capturé (Rhin et Neckar).	109
Figure 58 :	Synthèse des nombres d'échantillons par masse d'eau et par genre de coquillage capturé (Moselle, Lahn, Meurthe, Sarre et autres).	110
Figure 59 :	Taux de lipides et de matières sèches dans les différentes espèces de coquillages du groupe d'échantillons total, entre parenthèses : nombre d'échantillons.	111
Figure 60 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse du fluoranthène, du benzo(a)pyrène et des dioxines et PCB de type dioxine séparés en fonction du genre du coquillage. Sans normalisation ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).	115
Figure 61 :	Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse du fluoranthène, du benzo(a)pyrène et des dioxines et PCB de type dioxine séparés en fonction du genre du coquillage. Toutes les données sont normalisées au taux de lipides ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).....	119

Figure 62 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Fluoranthène (sans normalisation, Corbicula et Dreissena).	122
Figure 63 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : Benzo(a)pyrène (sans normalisation, Corbicula et Dreissena).	123
Figure 64 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation, Corbicula et Dreissena). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg (Rhin et Neckar) a transmis des données sur les PCDD/F+PCB type dioxine dans les coquillages.	124
Figure 65 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : fluoranthène (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena).	127
Figure 66 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : benzo(a)pyrène (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena).	128
Figure 67 :	Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg (Rhin et Neckar) a transmis des données sur les PCDD/F+PCB type dioxine dans les coquillages.	129
Figure 68 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1A : mercure dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF).	143
Figure 69 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1B : mercure dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF).	144
Figure 70 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2A : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).	145
Figure 71 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2B : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).	146

Figure 72 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2C : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).....	147
Figure 73 :	Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2D : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).....	148
Figure 74 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3A : PCDD/F + PCB type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).....	149
Figure 75 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3B : PCDD/F + PCB type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).....	150
Figure 76 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4A : hexachlorobutadiène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF)	151
Figure 77 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4B : hexachlorobutadiène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF)	152
Figure 78 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5A : hexabromocyclododécane dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF)	153
Figure 79 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5B : hexabromocyclododécane dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF)	154
Figure 80 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6A : PBDE selon la DCE dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet ; uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF)	155
Figure 81 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6B : PBDE selon la DCE dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF)	156
Figure 82 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7A : hexachlorobenzène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF)	157

- Figure 83 : Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7B : hexachlorobenzène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF). 158
- Figure 84 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9A : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF). 159
- Figure 85 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9B : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF). 160
- Figure 86 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1A : fluoranthène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 30 µg/kg PF). 161
- Figure 87 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1B : fluoranthène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 30 µg/kg PF). 162
- Figure 88 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2A : benzo(a)pyrène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 5 µg/kg PF). 163
- Figure 89 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2B : benzo(a)pyrène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 5 µg/kg PF). 164
- Figure 90 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3A : PCDD/F et PCB de type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine. 165
- Figure 91 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3B : PCDD/F et PCB de type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine. 166
- Figure 92 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1A : mercure dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF). 167
- Figure 93 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1B : mercure dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF). 168
- Figure 94 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2A : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF). 169

Figure 95 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2B : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF). 9,1 µg/kg PF	170
Figure 96 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2C : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL y compris TMS de substitution ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).....	171
Figure 97 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2d : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL y compris TMS de substitution ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).....	172
Figure 98 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3A : PCDD/F + PCB type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).....	173
Figure 99 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3B : PCDD/F + PCB type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).....	174
Figure 100 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4A : hexachlorobutadiène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF)	175
Figure 101 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4B : hexachlorobutadiène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF)	176
Figure 102 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5A : hexabromocyclododécane dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF)	177
Figure 103 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5B : hexabromocyclododécane dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF)	178
Figure 104 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6A : PBDE selon la DCE dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet ; uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF)	179
Figure 105 :	teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6B : PBDE selon la DCE dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF)	180

Figure 106 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7A : hexachlorobenzène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF).	181
Figure 107 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7B : hexachlorobenzène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF).	182
Figure 108 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9A : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF).....	183
Figure 109 : Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9B : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF).....	184
Figure 110 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1A : fluoranthène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 30 µg/kg PF).....	185
Figure 111 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1B : fluoranthène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 30 µg/kg PF).....	186
Figure 112 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2A : benzo(a)pyrène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 5 µg/kg PF).....	187
Figure 113 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2B : benzo(a)pyrène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 5 µg/kg PF).....	188
Figure 114 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3A : PCDD/F et PCB de type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine.	189
Figure 115 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3B : PCDD/F et PCB de type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine.	190

1 Introduction et contexte

Des poissons sont échantillonnés depuis de nombreuses années dans le cadre du monitoring du biote. Les stratégies diffèrent cependant fortement en fonction des questions posées et des objectifs de protection.

Quand la protection de la santé humaine est au premier plan, les analyses portent principalement sur des poissons de consommation. Les teneurs maximales autorisées, qui sont fixées dans le règlement (CE) n° 2023/915 de la Commission, se réfèrent ici habituellement à la chair musculaire de poissons de consommation sélectionnés. La norme fixée pour le poisson entier ne s'applique que si le poisson est destiné à être consommé dans son intégralité.

En revanche, la directive cadre sur l'eau en vigueur depuis l'an 2000 (DCE) (UE, 2000) vise à la fois la protection de l'homme et celle de l'environnement. Son objectif est d'identifier, dans le cadre de cycles de contrôle réguliers, la qualité des eaux à l'aide de substances polluantes (« prioritaires ») particulièrement problématiques pour l'environnement. Pour ces substances, des NQE ont été déterminées. Elles ont vocation à orienter les actions nécessaires (par ex. des mesures de réduction des émissions). Un contrôle dans le biote est prévu pour quelques substances prioritaires difficiles à mesurer dans la phase aqueuse en raison de leurs propriétés physico-chimiques. Les NQE correspondantes concourent à la fois aux objectifs de protection de la santé humaine et des animaux sauvages contre l'empoisonnement secondaire ; c'est pourquoi la valeur limite de l'objectif de protection le plus sensible a été retenue pour la fixation de la NQE (UE 2013). 11 de ces substances bioaccumulables et groupes de substances doivent être contrôlés dans les poissons ou les crustacés et mollusques (cf. Tableau 21).

Jusqu'en 2013, les données recensées dans le bassin du Rhin pour la surveillance sont cependant très hétérogènes. Les espèces, tailles et nombres de poissons varient selon le programme d'analyse considéré, de même que la matrice analysée (filet ou poisson entier). Il en résulte que les données ne sont comparables que dans une mesure restreinte. Au sein d'un même district hydrographique, les données sont souvent si hétérogènes qu'il est difficile de comparer les pressions d'une région à l'autre (CIPR, 2011 ; Foekema et al., 2016).

Au regard de ces difficultés, la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) a réalisé en 2014/2015 le premier programme commun d'analyse de la contamination du biote par des polluants dans le bassin du Rhin (CIPR, 2014 ; CIPR 2018), un projet pilote qui couvre simultanément les dispositions juridiques du droit de l'eau européen ainsi que du droit alimentaire et sanitaire dans la plus grande mesure possible. Le but a ici été de créer une base de données comparables et fiables sur la gestion commune des contaminations du biote/des poissons dans le district hydrographique du Rhin.

À présent, cette évaluation commune est réitérée, cette fois sur la base des données de 2015 à 2022/2023.

Le « projet de mise en cohérence d'analyses de la contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin, établi dans le cadre du quatrième cycle de gestion DCE 2021 - 2027 » (CIPR, 2019), a servi de base pour le monitoring.

Les données d'analyse fournies par les États ont d'abord été structurées et vérifiées. Le présent rapport présente l'évaluation des données de monitoring.

2 Base de données

Les tableaux de données mesurées et de métadonnées mis à disposition par les membres de la CIPR participants comprennent 224 échantillons de poissons et 121 échantillons de coquillages et constituent la base de données. Ils ont été compilés par la CIPR, qui a séparé les données des poissons de celles des coquillages, puis les a mises à disposition du prestataire sous forme de tableaux numériques. Pour les poissons, la base de données d'origine comprend près de 7 900 entrées de données analytiques en plus des informations correspondantes sur les prélèvements et des métadonnées. Le jeu de données pour les coquillages comprend à l'origine près de 560 données analytiques.

Le taux de lipides faisait défaut dans 3 % des échantillons de poissons et 15 % des échantillons de coquillages. Le taux de matières sèches n'était pas indiqué dans 38 % des échantillons de poissons et dans 23 % des échantillons de coquillages. Ces valeurs sont nécessaires par rapport à un poisson standard pour la normalisation des polluants mesurés, ceci pour pouvoir comparer les données entre elles et contrôler les normes. Les échantillons dans lesquels le taux de lipides était absent n'ont pas été pris en compte dans la suite de l'analyse. En revanche, on a pris en compte les échantillons dans lesquels le taux de matières sèches manquait en appliquant le taux moyen de matières sèches des autres échantillons considéré comme une bonne estimation.

Une synthèse des jeux de données a été effectuée en séparant les poissons des coquillages dans les chapitres de résultats correspondants (poissons : 4.1.1 ; coquillages : 4.2.1). Une synthèse plus détaillée des échantillons ainsi que des données biométriques correspondantes se trouve dans le Tableau 22 (poissons) et le Tableau 23 (coquillages) en annexe A4. Les tableaux du chapitre 4 et des paragraphes suivants présentent les données (de poissons et de coquillages) après leur uniformisation et nettoyage ainsi que le regroupement des sites de prélèvement d'une masse d'eau.

Les masses d'eau du jeu de données sur les poissons sont présentées ci-après dans le Tableau 3 (y compris les sites de prélèvement en partie regroupés) et dans la carte synoptique de la Figure 1.

De la même manière, le tableau 5 et la figure 2 présentent toutes les masses d'eau des coquillages.

Si la ligne « Sites de prélèvement au sein des masses d'eau » reste vide dans les tableaux, ceci signifie qu'une seule station d'analyse portant le même nom se trouve dans la masse d'eau.

Tableau 3 : Aperçu des masses d'eau issues du jeu de données sur les poissons et les sites de prélèvement

N°	Fleuve/rivière	Masse d'eau	Sites de prélèvement au sein des masses d'eau
1	Rhin	Fußbach	
2	Rhin	Reckingen	Öhningen, Kadelburg, Hohentengen, Lienheim
3	Rhin	Weil	Weil am Rhein, Steinenthal, Istein, Rheinfelden, Vieux Rhin
4	Rhin	Karlsruhe	Karlsruhe, Au am Rhein, Neuburgweier, Daxlanden, Iffezheim
5	Rhin	Mannheim	Mannheim, Ludwigshafen, Linkenheim, Karlsruhe
6	Rhin	Petersau	Petersau, débouché du Neckar
7	Rhin	Budenheim	
8	Rhin	St. Goar	Coblence, St. Goarshausen, Sankt Sebastian (Andernach), St. Goar
9	Rhin	Bad Honnef	
10	Rhin	Clèves-Bimmen	
11	Rhin	Lobith	
12	Rhin	Hollandsch Diep	
13	Rhin	Nieuwe Waterweg	
14	Rhin	Ketelmeer	
15	Rhin	IJsselmeer	
16	Neckar	Kirchentellinsfurt	Rottenburg, Nürtingen, Kirchentellinsfurt, Tübingen
17	Neckar	Besigheim	Besigheim, Stuttgart Hofen, Esslingen/Zell, Mundelsheim, Ludwigsburg, Altbach, Altarm Pleidelsheim
18	Neckar	Kochendorf	Bad Friedrichshall, Lauffen am Neckar, Neckarsulmer Altarm, Neckarsulm, Heilbronn
19	Neckar	Mannheim	Neckargmünd, Ilvesheim, Obriegheim, Mannheim
20	Moselle	Tonnoy	
21	Moselle	Liverdun	
22	Moselle	Millery – Vandières	Millery, Vandières
23	Moselle	Uckange – Sierck	Uckange, Manom, Sierck
24	Moselle	Palzem	Palzem, Grevenmacher, Perl
25	Moselle	Detzem	Pöhlich (barrage de Detzem), Detzem, Lehmen, Coblence
26	Sarre	Sarraltroff	
27	Sarre	Keskastel	
28	Sarre	Güdingen/Grosbliederstroff	Grosbliederstroff (Amont), Güdingen/Grosbliederstroff

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 30/221 -

N°	Fleuve/rivière	Masse d'eau	Sites de prélèvement au sein des masses d'eau
29	Sarre	Fremersdorf	
30	Sarre	Schoden	
31	Lahn	Solms-Oberbiel	
32	Lahn	Limburg	
33	Lahn	Nievern	
34	Sûre	Erpeldange	
35	Sûre	Metzdorf	
36	Meurthe	Saint-Clément	
37	Meurthe	Damelevières	
38	Alzette	Ettelbrück	
39	Blies	Reinheim	
40	Kinzig	Hanau	
41	Lippe	Wesel	
42	Main	Bischofsheim	
43	Ruhr	Mülheim-Kahlenberg	
44	Schwarzbach	Trebur-Astheim	
45	Weschnitz	Biblis-Wattenheim	
46	Wupper	Opladen	

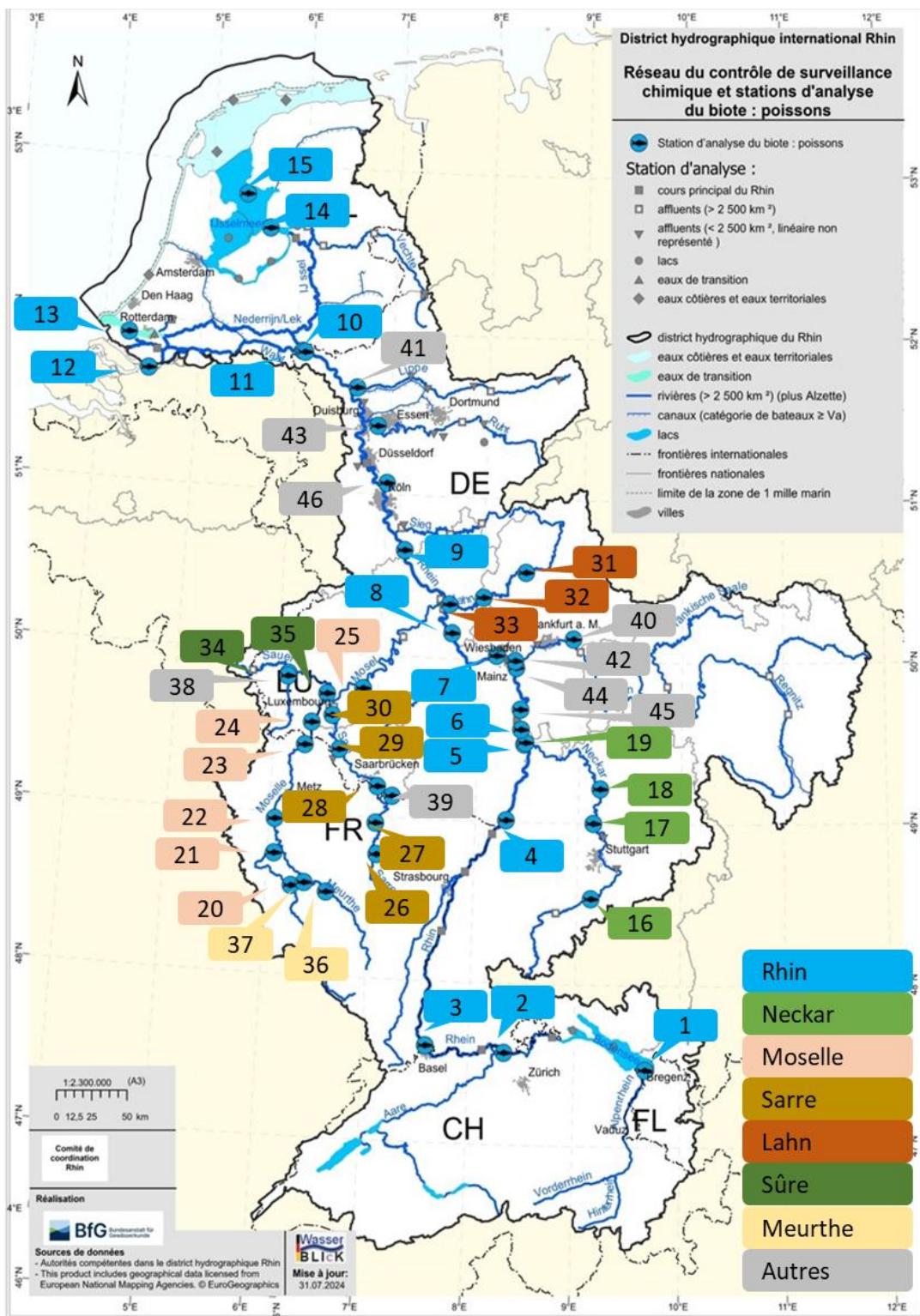


Figure 1 : Carte synoptique de toutes les masses d'eau pour les poissons (légende : voir Tableau 3).



Tableau 4 : Aperçu des masses d'eau issues du jeu de données sur les coquillages et les sites de prélèvement

N°	Fleuve/rivière	Masse d'eau	Sites de prélèvement au sein des masses d'eau
1	Rhin	Reckingen	Öhningen, Kadelburg, Hohentengen, Lienheim
2	Rhin	Weil	Weil am Rhein, Steinenstadt, Istein, Rheinfelden, Vieux Rhin
3	Rhin	Karlsruhe	Karlsruhe, Au am Rhein, Neuburgweier, Daxlanden, Iffezheim
4	Rhin	Spire	
5	Rhin	Mannheim	Mannheim, Ludwigshafen, Linkenheim, Karlsruhe
6	Rhin	Petersau	Petersau, débouché du Neckar
7	Rhin	Budenheim	
8	Rhin	St. Goar	Coblence, St. Goarshausen, Sankt Sebastian (Andernach), St. Goar
9	Rhin	Lobith	
10	Rhin	Hollands Diep	
11	Rhin	Nieuwe Maas	
12	Rhin	Ketelmeer	
13	Rhin	IJsselmeer	
14	Neckar	Besigheim	Besigheim, Stuttgart Hofen, Esslingen/Zell, Mundelsheim, Ludwigsburg, Altbach, Altarm Pleidelsheim
15	Neckar	Kochendorf	Bad Friedrichshall, Lauffen am Neckar, Neckarsulmer Altarm, Neckarsulm, Heilbronn
16	Neckar	Mannheim	Neckargünd, Ilvesheim, Obrigheim, Mannheim
17	Moselle	Tonnoy	
18	Moselle	Liverdun	
19	Moselle	Millery – Vandières	Millery, Vandières
20	Moselle	Uckange – Sierck	Uckange, Manom, Sierck
21	Moselle	Palzem	Palzem, Grevenmacher, Perl
22	Moselle	Detzem	Pöhlich (barrage de Detzem), Detzem, Lehmen, Coblence
23	Meurthe	Saint-Clément	
24	Meurthe	Bouxières	
25	Sarre	Sarraltroff	
26	Sarre	Grosbliederstroff	Grosbliederstroff (Amont), Güdingen/Grosbliederstroff
27	Sarre	Schoden	
28	Lahn	Limburg	
29	Lahn	Solms-Oberbiel	
30	Nidda	Nied	
31	Kinzig	Hanau	
32	Schwarzbach	Trebur-Astheim	
33	Weschnitz	Biblis-Wattenheim	

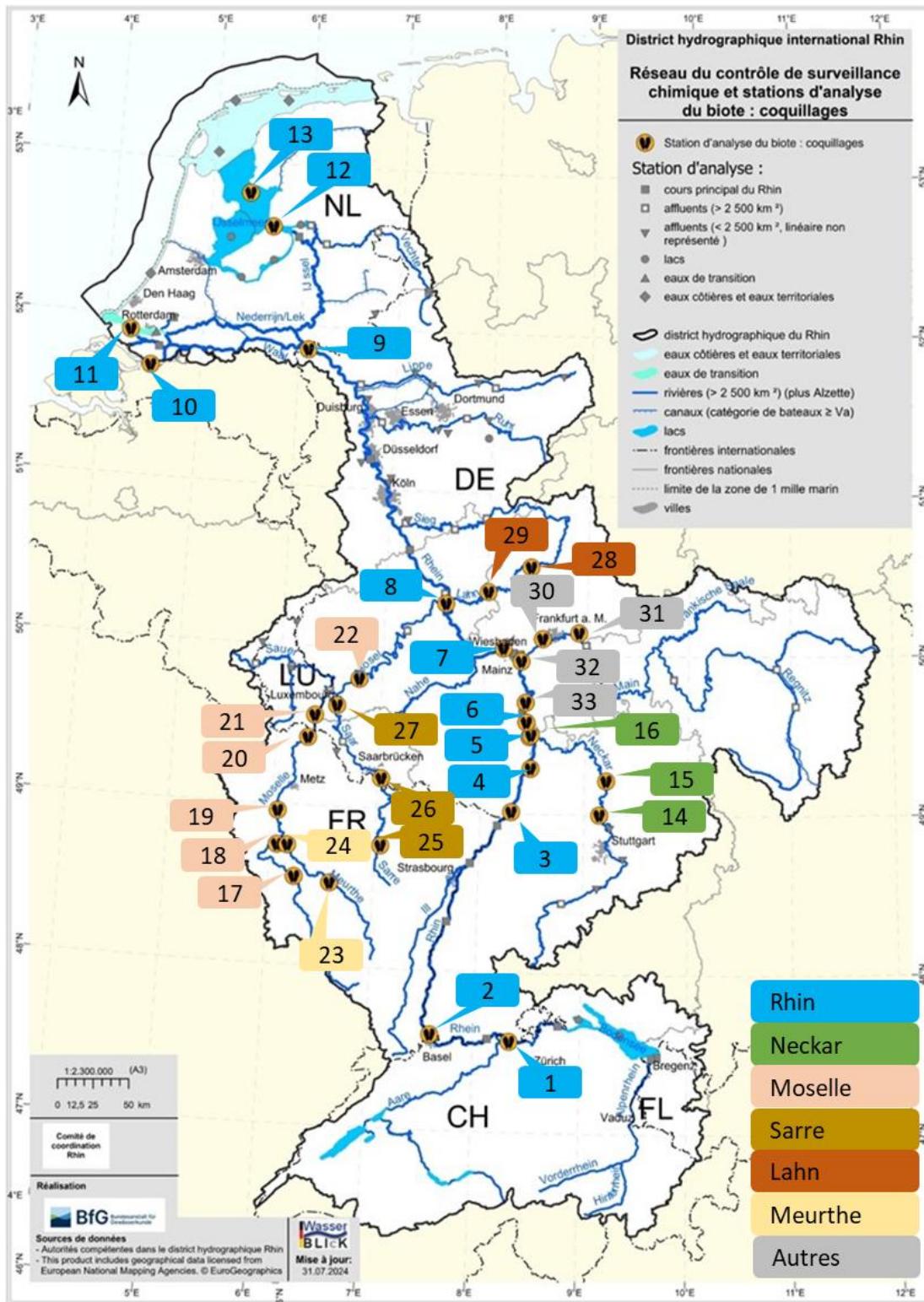


Figure 2 : Carte synoptique de toutes les masses d'eau pour les coquillages (légende : voir Tableau 4).

3 Traitement des données et évaluation

Les fichiers Excel susmentionnés ont été mis à la disposition du prestataire et servent de base pour l'évaluation des données. Le prestataire a ensuite vérifié manuellement les entrées, les a uniformisées et préparées pour l'évaluation ultérieure.

Le traitement des données couvre les étapes suivantes :

- Identification des lignes à attribuer à un échantillon
- Attribution d'un ID individuel à chaque échantillon
- Uniformisation des noms et désignations, p. ex. correction des fautes de frappe, uniformisation et traduction des termes et noms de substance
- Correspondance avec le mandant en cas de données peu claires ou anormales
- Ajout et remplissage d'une colonne pour l'année de prélèvement
- Formatage des chiffres enregistrés sous forme de texte en valeurs numériques exploitables
- Uniformisation du signe décimal (virgule)
- Ajout d'une colonne pour distinguer les valeurs servant à l'évaluation ultérieure, pour mieux filtrer les données pertinentes
- Conversion de tous les résultats de mesures en une unité « µg/kg PF »
- Référence au poids frais pour toutes les valeurs (hypothèse adoptée)
- Uniformisation des valeurs en-dessous de la limite de quantification correspondante avec la mention « < LQ »
- Calcul manuel de paramètres globaux pour certains groupes de substances quand cela a été nécessaire et possible
- Conversion des taux de lipides et de masses sèches en pourcentage [%] quand ce n'était pas encore fait
- Conversion des valeurs non normalisées en taux de lipides et de masses sèches normalisés
- Conversion des concentrations dans le filet au poisson entier et du poisson entier au filet (quand des facteurs de conversion étaient disponibles)
- Inclusion des jeux de données fournis ultérieurement et des informations complémentaires
- Regroupement des sites de prélèvement d'une même masse d'eau conformément aux dispositions de la CIPR
- Vérification de tous les résultats de mesures non normalisés et normalisés par rapport à la norme de qualité environnementale

Le calcul des valeurs normalisées au taux de lipides ou de matières sèches est effectué selon les formules suivantes :

Normalisation au taux de lipides (TL) :

$$Conc_{normalisé\ au\ taux\ de\ lipides} = \frac{Conc\ Poids\ frais * Taux\ de\ lipides_{Normalisation}}{Taux\ de\ lipides_{mesuré}}$$

Normalisation au taux de matières sèches (TMS) :

$$Conc_{normalisé\ au\ TMS} = \frac{Conc\ Poids\ frais * TMS_{Normalisation}}{TMS_{mesuré}}$$

Conformément au cahier des charges et au document guide de l'UE n° 32 sur le monitoring du biote dans le cadre de la directive cadre Eau (UE, 2014), la normalisation pour les poissons se fait à un taux de lipides de 5,0 % et à un taux de matières sèches de 26 %. Pour les coquillages, elle se fait à des taux de lipides de 1,0 % et de matières sèches de 8,3 %. Conformément aux dispositions du document guide n° 32 (UE, 2014), les substances lipophiles sont normalisées au taux de lipides. Les substances protéinophiles (PFOS, mercure) sont normalisées au taux de matières sèches. Un classement correspondant figure dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Résumé des substances et groupes de substances analysés et de la normalisation à appliquer, du tissu privilégié pour le contrôle de la NQE et des facteurs de conversion pour les concentrations du filet au poisson entier selon Radermacher et al. (2019) (n. d. : non disponible).

(Groupe de substance(s))	Normalisation	Enjeu primaire	Échantillon	Coefficient de conversion filet -> poisson entier
Benzo(a)pyrène	Taux de lipides	Santé humaine	-	Non applicable (crustacés, mollusques)
Dicofol	Taux de lipides	Ecosystème	Poisson entier	n. d.
Fluoranthène	Taux de lipides	Santé humaine	-	Non applicable (crustacés, mollusques)
HC + HCE	Taux de lipides	Santé humaine	Filet	n. d.
HBCDD	Taux de lipides	Ecosystème	Poisson entier	1,76
HCB	Taux de lipides	Santé humaine	Filet	3,57
HCBD	Taux de lipides	Ecosystème	Poisson entier	n. d.
PFOS	Taux de matières sèches	Santé humaine	Filet	2,65
PBDE	Taux de lipides	Santé humaine	Filet	5,41
PCDD/F + dl-PCB	Taux de lipides	Santé humaine	Filet	5,25
Hg	Taux de matières sèches	Ecosystème	Poisson entier	0,812

Comme il n'a pas toujours été possible, pour les poissons, de normaliser au taux de matières sèches en raison du manque de données sur ce taux, des valeurs de substitution ont été déduites pour le tableau synthétique des teneurs polluantes normalisées, pour la comparaison spatiale et pour les cartes de pression. Cela a été possible dans le cas des taux de matières sèches manquants, car ils varient peu entre les espèces de poissons et au sein d'une même espèce. Les valeurs de substitution sont les médianes de toutes les espèces de poissons ainsi que les médianes respectives des échantillons de filets et de poissons entiers. Les taux médians de matières sèches sont de 21,5 % dans le filet et de 25,9 % dans le poisson entier. Dans le jeu de données des poissons, l'application de cette méthode n'a été nécessaire que pour les PFOS et le mercure, car les autres substances ont été normalisées au taux de lipides. En raison des variations importantes entre les espèces de poissons et au sein d'une même espèce, aucune valeur de substitution n'a été utilisée pour les taux de lipides manquants.

Une évaluation sans normalisation a été effectuée parallèlement à l'évaluation des valeurs normalisées au taux de matières sèches ou au taux de lipides.

En fonction de la méthode privilégiée par chaque membre de la CIPR, les données de poissons soumises se réfèrent soit au filet soit au poisson entier. En fonction de l'enjeu de la norme de qualité environnementale en question, les données analytiques ont été converties au tissu d'échantillonnage concerné quand des facteurs de conversion correspondants étaient disponibles. Les valeurs citées par Radermacher et al. (2019) dans le rapport final d'un projet de l'UBA sont utilisées en tant que facteurs de conversion pour les concentrations du filet au poisson entier. Les tissus de poisson privilégiés pour le contrôle de la NQE ainsi que les facteurs de conversion correspondants du filet au poisson entier sont présentés dans le Tableau 5. Pour la conversion du poisson entier au filet, le facteur de conversion respectif a été utilisé.

Pour un meilleur aperçu des données mesurées, des graphiques de type boîte à moustaches présentant la répartition des valeurs ont été élaborés. Les boîtes à moustaches couvrent la plage du 25^e au 75^e percentile. La ligne du milieu dans chaque boîte représente la médiane (50^e percentile). Les lignes verticales montrent l'ensemble de la plage de données allant des valeurs minimales aux maximales. La représentation graphique des boîtes à moustaches est possible dès lors que trois points de données au moins sont représentables (c'est-à-dire avec des teneurs supérieures aux limites de quantification). En principe, le calcul des médianes a été effectué dès que l'on disposait de deux points de données. Toutefois, il n'a toutefois pas été possible de représenter les résultats sous forme de boîtes à moustaches en raison des difficultés pour calculer les autres quartiles. Pour cette raison, les valeurs moyennes (à partir d'une valeur au moins supérieure à la limite de

quantification) sont généralement indiquées également sous forme de losanges dans les boîtes à moustaches.

Pour toutes les évaluations numériques (p. ex. moyenne, écarts types, médiane etc.) au sein de cette plage de données, les valeurs analytiques inférieures aux limites de quantification spécifiques n'ont pas été prises en compte. Étant donné que les limites de quantification n'étaient pas indiquées pour de nombreux échantillons, il a été impossible d'appliquer la méthode prescrite dans la directive 2009/90/CE consistant à intégrer dans l'évaluation la moitié de la limite de quantification pour les valeurs inférieures à cette limite.

Le traitement et l'évaluation statistique des jeux de données ont été faits au moyen de Microsoft Excel (Excel 2019 MSO (16.0.10416.20027) 64-Bit).

Ce rapport comprend des valeurs numériques arrondies en général à trois chiffres significatifs ou dans des cas particuliers à la décimale considérée la plus pertinente. Pour le calcul de ces valeurs, des valeurs avec plus de décimales, qui n'ont pas toujours pu être affichées dans ce rapport, ont parfois été utilisées. Les différences en découlant entre valeurs arrondies et non arrondies sont jugées minimes et négligeables.

Dans ce rapport, aucune distinction n'est faite entre le poids frais et le poids humide. Comme le terme « poids frais » est nettement plus répandu, le rapport utilise partout le terme « poids frais » comme synonyme.

4 Résultats et discussion

Au total, les données de 345 échantillons étaient disponibles et ont donc pu être prises en compte dans l'évaluation. Ces données proviennent de 224 échantillons de poissons et de 121 échantillons de coquillages. Les données sont décrites et évaluées séparément pour les échantillons de poissons et de coquillages dans les sous-chapitres suivants.

4.1 Échantillons de poissons

4.1.1 Description du jeu de données

Le jeu total de données évalué ici comprend les données de 224 échantillons de poissons. Le Tableau 6 donne un aperçu des données disponibles. Les échantillons analysés proviennent de 46 sites de prélèvement distincts dans 16 cours d'eau du bassin du Rhin (y compris le Rhin lui-même), sachant que les sites de prélèvement appartenant à une même masse d'eau au sens de la DCE ont été regroupés. La majorité de ces échantillons proviennent du filet. Seuls 15 % de tous les échantillons ont été analysés sous forme de poisson entier. Trois autres échantillons (1 %) provenant de la carcasse sont retirés du jeu de données et ne sont pas pris en compte car ils ne sont pas comparables. La plus grande partie des échantillons (95 %) sont des échantillons composites de plusieurs poissons d'une même espèce. Les 5 % restants sont des échantillons d'un seul poisson correspondant à des tailles des consommations. Pour les échantillons composites, il était visé de de capturer si possible au moins 10 poissons. Cet objectif a pu être atteint pour 60 % des lots constitués (représentant 128 échantillons).

Les échantillons ont été prélevés de 2015 à 2022 ; ils sont inégalement répartis sur ces années. En raison du caractère cyclique des opérations de surveillance, la plupart des échantillons ont été prélevés au cours de la première (2015, 33 %) ou de la dernière année de suivi (2022, 26 %). Ainsi, près de 60 % de tous les échantillons proviennent de deux des huit années étudiées au total.

La base de données concernant les données biométriques des poissons est globalement satisfaisante. Des taux de lipides sont disponibles pour presque tous les échantillons (97 %), les taux de matières sèches uniquement pour 72 % des échantillons. Des informations sur la taille (longueur) sont disponibles pour pratiquement tous les échantillons sans exception. Elles ont pu être intégralement exploitées. Des informations sur le poids sont également disponibles pour presque tous les échantillons (98 %). Les informations sur l'âge sont certes disponibles pour une grande partie des échantillons (82 %), mais seule environ la moitié est exploitable en format numérique. Ainsi, les données indiquant « 3+ - 4+ » ou « 4-6 » par exemple ne sont pas exploitable en format numérique, étant donné qu'elles ne peuvent pas

être intégrées dans les calculs de moyennes ou d'autres évaluations statistiques. Le Tableau 6 dresse un aperçu des données disponibles.

Tableau 6 : Tableau synoptique des jeux de données évalués des échantillons de poissons.

Groupe de paramètres	Paramètre	Nombre	Pourcentage
	Cours d'eau	16	-
	Masse d'eau	46	-
	Nombre d'échantillons (au total)	224	100 %
Tissu d'échantillonnage	Filet	190	85%
	Poisson entier	34	15 %
Échantillon	Échantillons instantanés	12	5 %
	Échantillons composites	212	95 %
	Aucune indication	0	0 %
Année	2015	74	33 %
	2016	14	6 %
	2017	13	6 %
	2018	19	8 %
	2019	17	8 %
	2020	5	2 %
	2021	24	11 %
	2022	58	26 %
Biométrie	Taux de lipides	218	97 %
	Matières sèches	162	72 %
	Taille	223	99,6 %
	Taille évaluable	223	99,6 %
	Poids	220	98 %
	Poids évaluable	216	98 %
	Indication d'âge	183	82 %
	Indication d'âge évaluable	98	44 %

Pour poursuivre l'évaluation des données, disposer d'un jeu de données complet, en particulier au regard des taux de lipides et de matières sèches, est particulièrement important, car ces taux sont nécessaires pour les travaux de normalisation. Ce n'est pas un problème pour les taux de lipides, très complets, mais les taux de matières sèches, qui font défaut dans 28 % des échantillons, font qu'environ seuls les trois quarts des valeurs disponibles à l'origine pour les substances normalisées au taux de matières sèches (mercure, PFOS) sont exploitables pour l'évaluation ultérieure des données normalisées. Pour cette raison, les taux médians de matières sèches de tous les échantillons de filets ou de poissons entiers ont été utilisés comme valeurs de substitution pour l'aperçu des teneurs polluantes et celui des comparaisons spatiales.

La Figure 3 présente la distribution du nombre absolu d'échantillons entre les différentes espèces de poissons et les années. Comme indiqué auparavant, la figure montre que la majorité des échantillons se concentrent sur les années 2015 et 2022. L'année 2020, avec cinq échantillons, présente un nombre particulièrement faible d'échantillons. Cela est dû aux cycles d'échantillonnage de la directive cadre Eau.

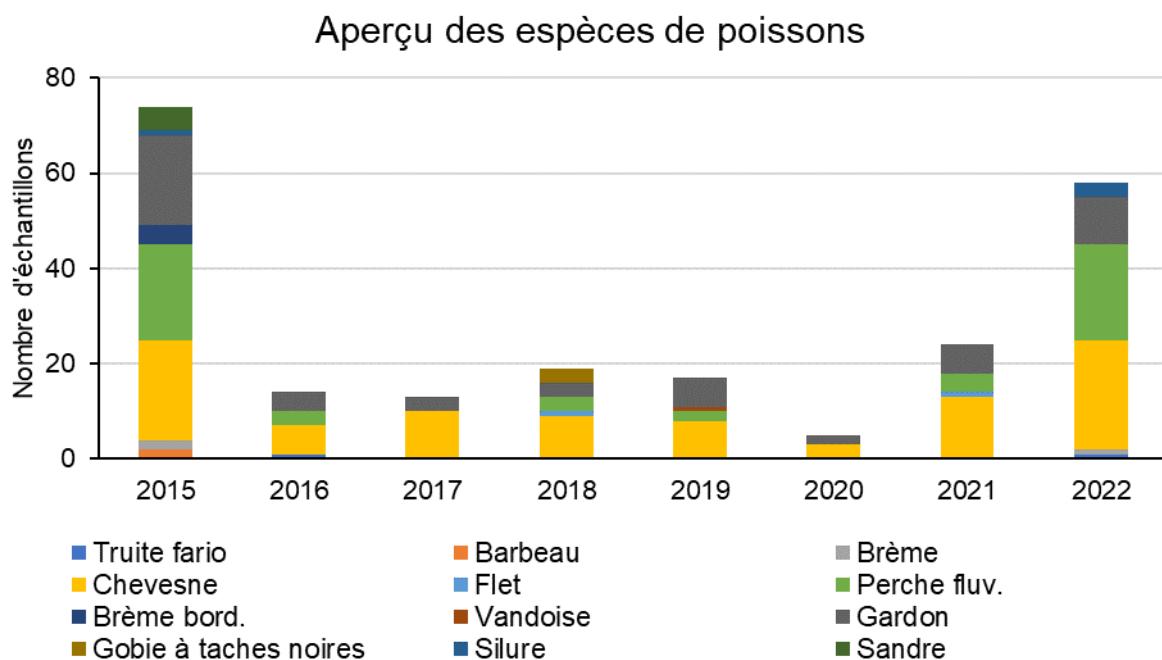


Figure 3 : Graphique synoptique des espèces de poissons capturées (valeurs absolues) par année.

Le jeu total de données comprend au total douze espèces différentes. Les trois espèces de poissons les plus fréquemment échantillonnées sont le chevesne, la perche fluviatile et le gardon. Sur la période totale étudiée, elles représentent 42 % (chevesne), 24 % (gardon) et 23 % (perche fluviatile) de tous les échantillons et couvrent ainsi au total près de 90 % de l'ensemble du jeu de données. Parmi les autres espèces de poissons analysées, on compte la truite fario, le barbeau, la brème, le flet (embouchure du Rhin dans la mer du Nord), la brème bordelière, la vandoise, le gobie à taches noires, le silure et le sandre. Elles représentent toutefois seule une petite partie (12 %) des 224 échantillons. La figure 4 présente la distribution en pourcentage des espèces de poissons sur les différentes années et en moyenne sur l'ensemble du jeu de données.

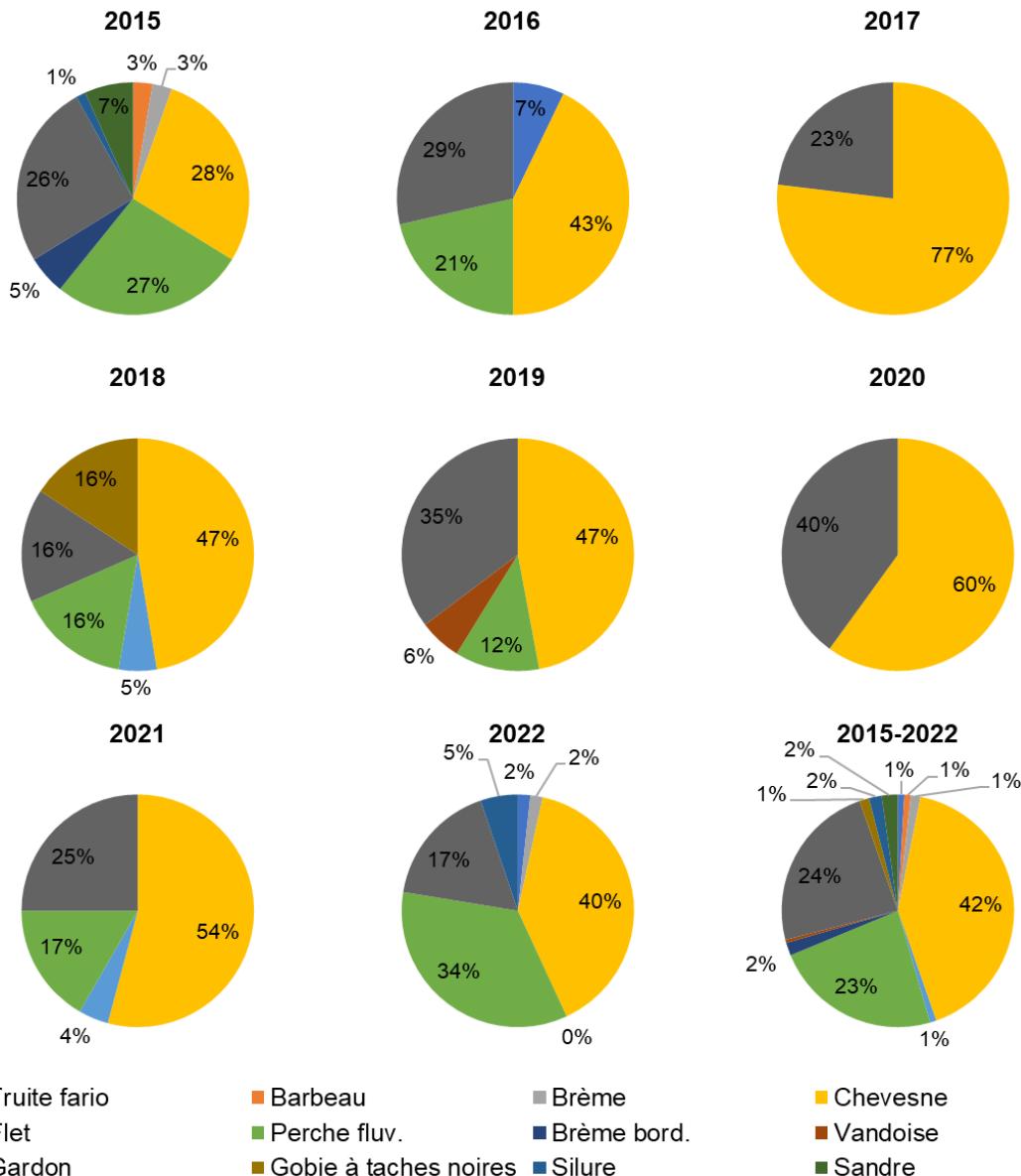


Figure 4 : Graphique synoptique des espèces de poissons capturées (valeurs relatives) par an.

La distribution du nombre d'échantillons de toutes les espèces de poissons sur les différents cours d'eau et sites de prélèvement est affichée dans la Figure 5 et la Figure 6. Sur l'ensemble des 46 masses d'eau des poissons et après regroupement des sites de prélèvements au sein d'une masse d'eau, 15 masses d'eau se trouvent directement sur le Rhin (33 %), six autres sur la Moselle (13 %), quatre sur le Neckar (9 %, Figure 5), cinq sur la Sarre (11 %), trois sur la Lahn (7 %), deux sur la Sûre et deux sur la Meurthe (4 %).

chacune), ainsi que neuf autres sur les cours d'eau Main, Alzette, Blies, Kinzig, Lippe, Ruhr, Schwarzbach, Weschnitz et Wupper (Figure 6).

**Nombre d'échantillons par espèce de poisson et par site
(2015-2022)**

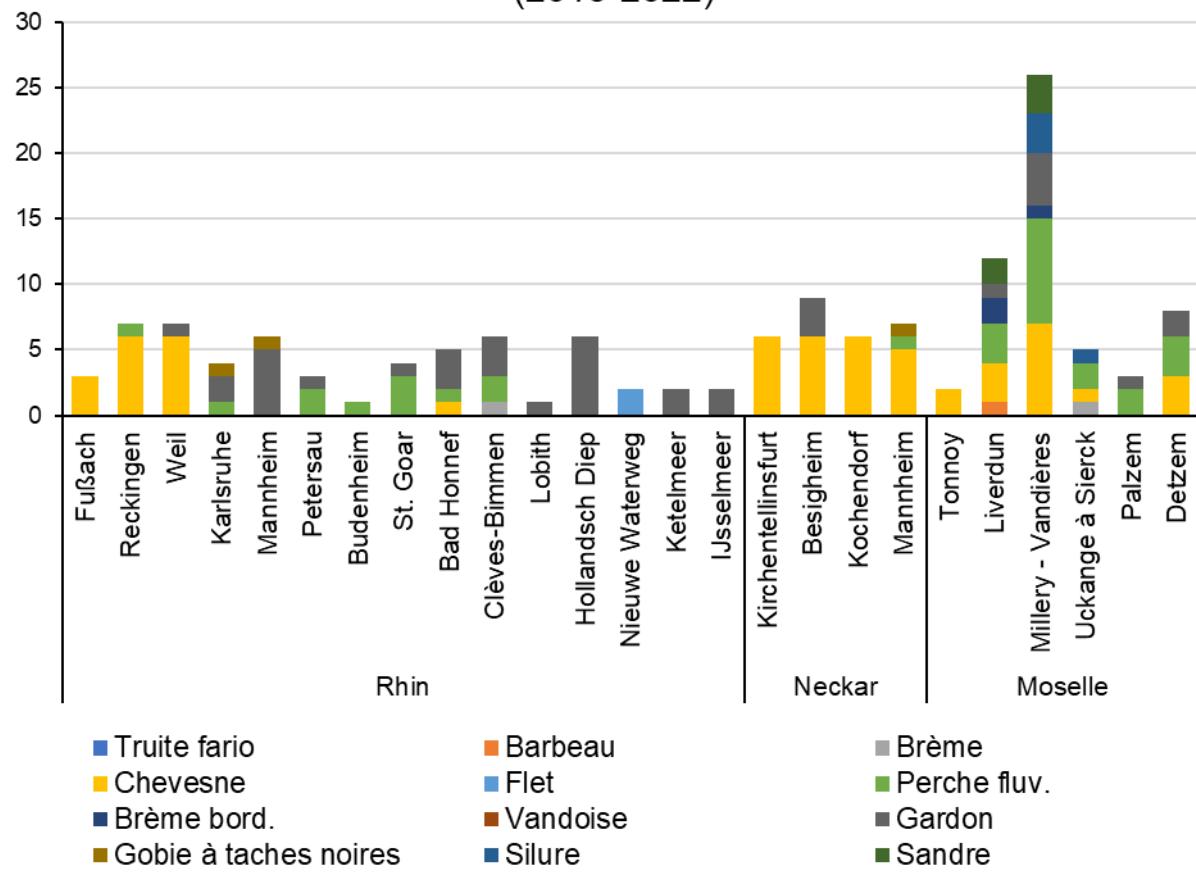


Figure 5 : Synthèse du nombre d'échantillons par masse d'eau et par espèce de poisson capturée (Rhin, Neckar, Moselle).

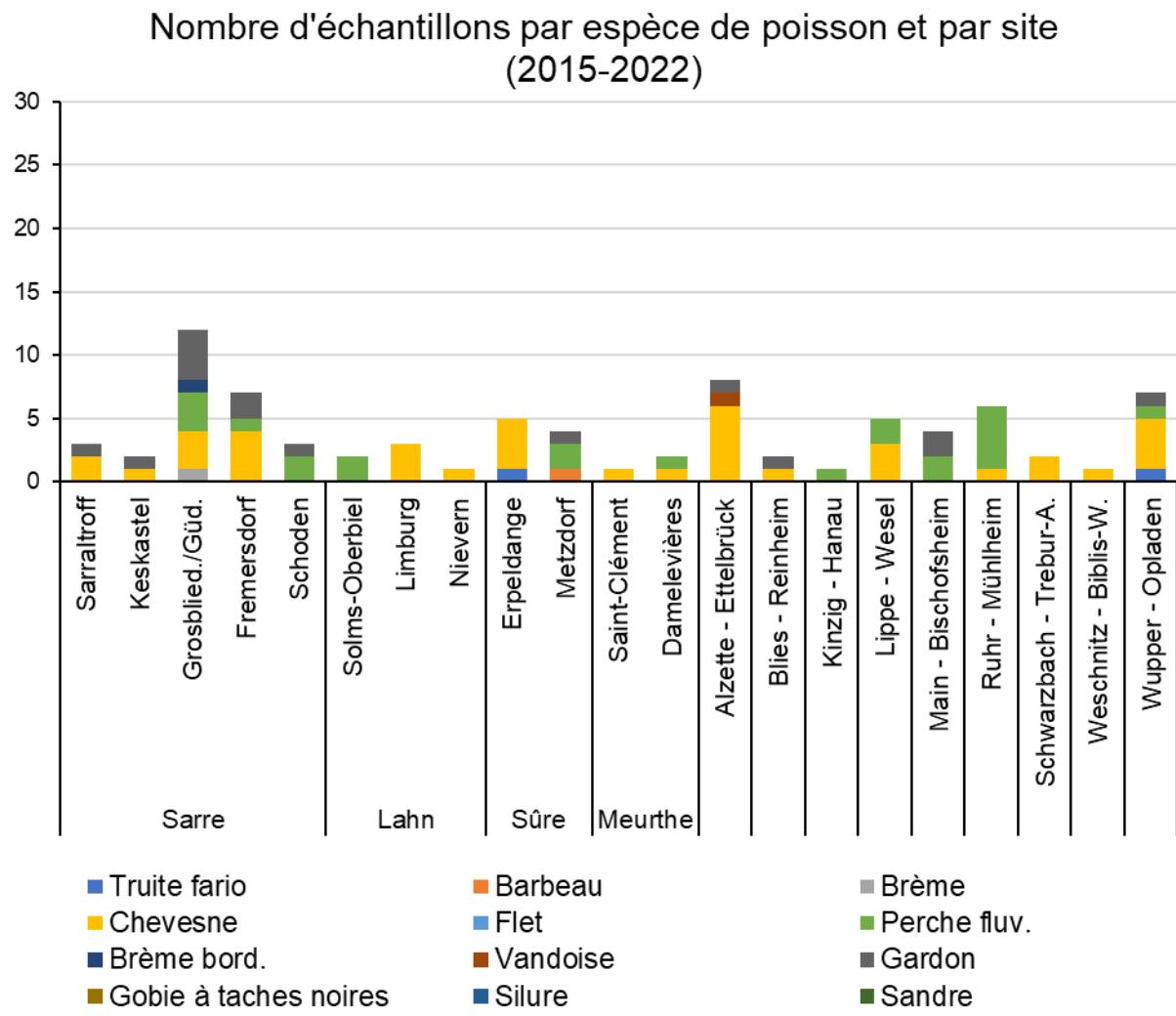


Figure 6 : Synthèse du nombre d'échantillons par masse d'eau et par espèce de poisson capturée (Sarre, Lahn, Sûre, Meurthe et autres).

4.1.2 Caractérisation des espèces de poissons

Comme décrit dans l'introduction, les données biométriques sont en majeure partie disponibles. Étant donné que seul un faible nombre d'échantillons était disponible pour la plupart des espèces de poissons, l'évaluation détaillée de la taille et du poids des poissons est faite ci-dessous uniquement pour les trois espèces de poissons prélevées le plus fréquemment (chevesne, perche fluviatile et gardon), qui représentent conjointement à peu près 90 % du jeu de données.

L'évaluation de la taille des poissons est faite par classes de taille avec des intervalles de 2 cm et la distribution est présentée dans la Figure 7. L'évaluation du poids est faite par intervalle de 50 g et est présentée dans la Figure 8.

Les paramètres descriptifs des tailles et des poids de poissons sont affichés sous forme de valeurs minimales, maximales, moyennes et médianes dans le Tableau 7 (tailles des poissons) et le tableau 8 (poids des poissons).

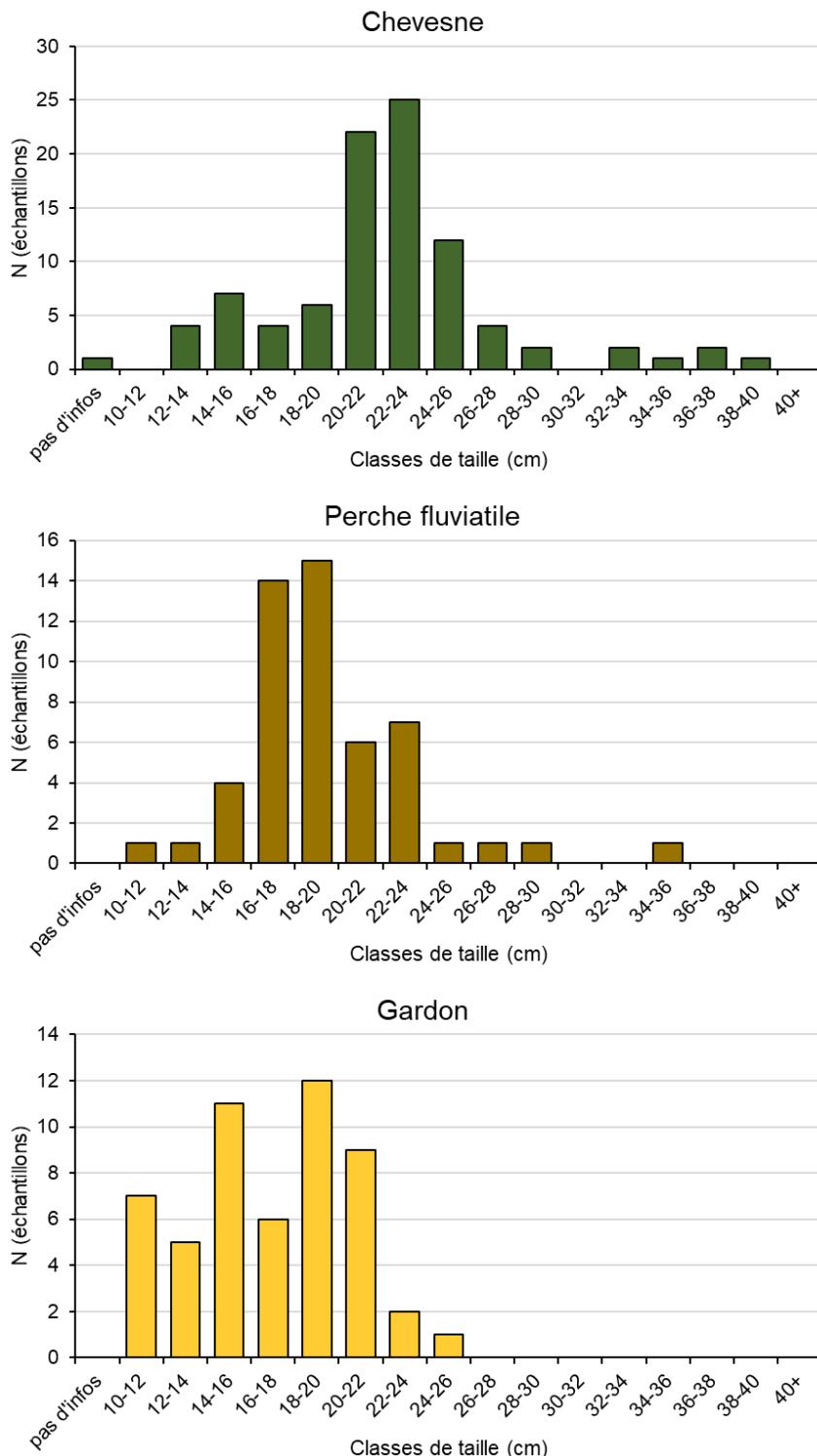


Figure 7 : Distribution de la taille des chevesnes, perches fluviatiles et gardons en classes de taille (en général valeurs moyennes d'un échantillon composite).

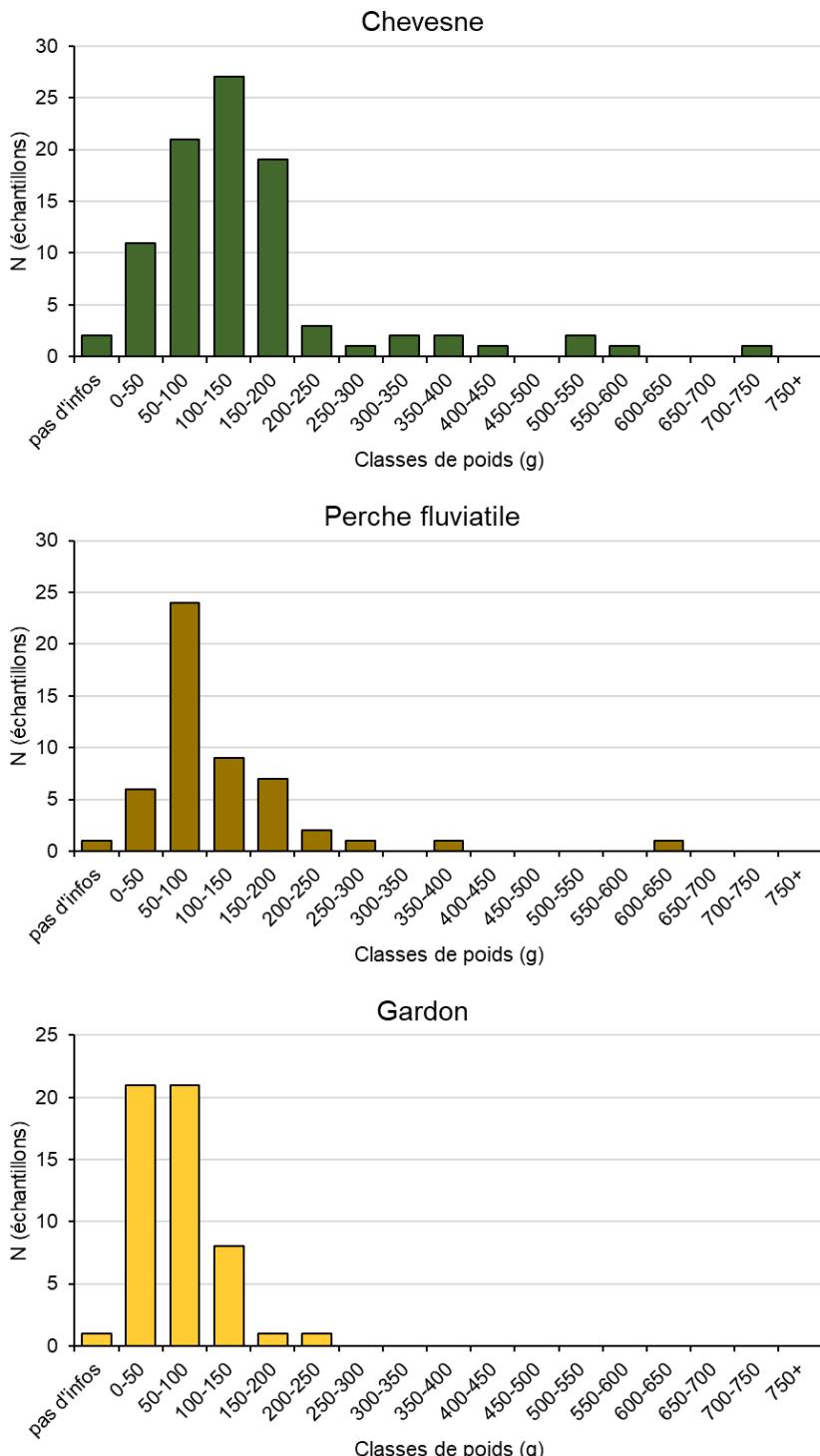


Figure 8 : Distribution du poids des chevesnes, perches fluviatiles et gardons en classes de poids (en général valeurs moyennes d'un échantillon composite).



Tableau 7 : Taille des différentes espèces de poissons : Paramètres descriptifs

Espèce de poisson	Taille des poissons				
	Min [cm]	Max [cm]	Moyenne [cm]	Médiane [cm]	N (total)
Truite fario	20,0	24,6	22,3	22,3	2
Barbeau	22,0	22,6	22,3	22,3	2
Brème	18,9	19,9	19,4	19,3	3
Chevesne	12,8	38,0	22,3	22,2	93
Flet	17,3	19,1	18,2	18,2	2
Perche fluviatile	11,5	34,6	19,5	18,8	52
Brème bordelière	16,3	19,6	18,4	18,8	4
Vandoise	21,1	21,1	21,1	21,1	1
Gardon	10,1	25,7	16,9	17,3	53
Gobie à taches noires	12,7	14,3	13,3	12,8	3
Silure	66,0	80,0	73,3	73,5	4
Sandre	25,0	39,5	32,5	33,0	5
Total					224

Tableau 8 : Poids des différentes espèces de poissons : Paramètres descriptifs

Espèce de poisson	Poids du poisson				
	Min [g]	Max [g]	Moyenne [g]	Médiane [g]	N (total)
Truite Fario	113	165	139	139	2
Barbeau	80	115	98	98	2
Brème	61	100	79	75	3
Chevesne	17	720	152	127	93
Flet	54	77	65	65	2
Perche fluviatile	17	636	119	87	52
Brème bordelière	49	102	81	87	4
Vandoise	136	136	136	136	1
Gardon	11	242	70	70	53
Gobie à taches noires	17	48	33	33	3
Silure ²	1 788	1 788	1 788	1 788	4
Sandre	131	638	383	380	5
Total					224

² Des informations sur le poids n'étaient disponibles que pour un seul échantillon de silure.

Parmi les 5 espèces ciblée prioritairement (gardon, chevesne, perche fluviatile, brème et brème bordelière) on constate que les tailles médianes et moyennes sont proches l'une de l'autre (l'écart le plus important étant 0,7 cm pour la perche) et correspondent à la classe de taille visée, hormis pour le gardon où elles sont de l'ordre de 17 cm pour une taille minimale visée de 18 cm.

Pour le paramètre de l'âge, aucune évaluation approfondie n'est faite dans ce rapport en raison de la base de données disponible restreinte. Pour 41 échantillons (18 %), aucune information concernant l'âge n'est disponible. En s'appuyant sur les différentes données en matière de classes d'âge, on peut toutefois déduire que la grande majorité des poissons observés ici (au moins 77 %) se trouve dans ou au-dessus de la classe d'âge ciblée de trois ans ou trois étés (2+) (LAWA-AO, 2020).

La distribution des taux de lipides (Figure 9 et Figure 10) et des taux de matières sèches (Figure 11 et Figure 12) de toutes les espèces de poissons est présentée sous forme de boîtes à moustaches ci-dessous. Les graphiques sont présentés de manière distincte pour les échantillons de filet et les échantillons de poissons entiers. Le nombre très limité d'échantillons pour certaines espèces de poisson a parfois empêché le calcul des percentiles. On a alors ajouté les moyennes sous forme de losanges (comme indiqué dans le chapitre 3). Il convient de souligner qu'il n'y a pas d'informations exactes indiquant si les taux de lipides et de matières sèches se réfèrent bien au tissu analysé, le filet pour 85 % des échantillons, ou au poisson entier. Pour l'évaluation, on part cependant du principe que les taux se rapportent au tissu correspondant.

Les taux de lipides rapportés dans le filet (Figure 9) vont d'une valeur minimale de 0,1 % (chevesne, gobie à taches noires) à un maximum de 5,7 % (brème). Les médianes sont toutes (généralement nettement) inférieures à 5 % (souvent même à 2 %). Le taux de lipides de 5 % appliqué par la suite pour la normalisation va donc le plus souvent conduire à majorer les niveaux de contamination considérés pour l'évaluation par rapport aux valeurs réellement observées dans les filets de poisson. Les médianes et les moyennes des taux de lipides les plus basses sont relevées dans le gobie à taches noires (N=3, moyenne de 0,2%) et les plus hautes dans la brème bordelière (moyenne de 4,1%).

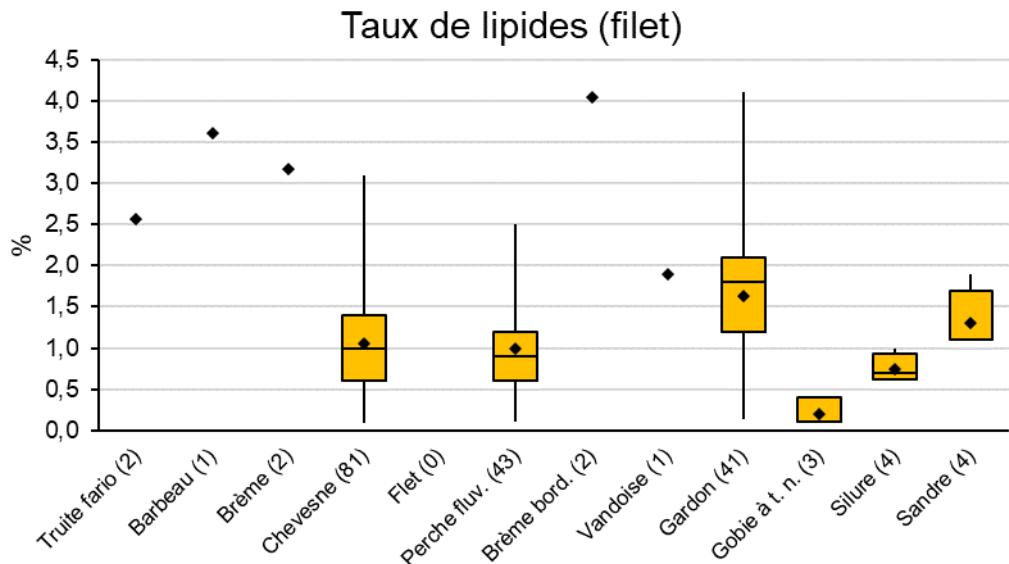


Figure 9 : Boîte à moustaches avec des taux de lipides rapportés dans les échantillons de filets des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons).

Comme le montre la figure 10, les taux de lipides dans les échantillons de poissons entiers vont d'une valeur minimale de 1,7 % (flet, gardon) à une valeur maximale de 8,6 % (gardon). Il convient de noter qu'un nombre suffisant d'échantillons de poissons entiers assortis de leurs taux de lipides, permettant le calcul robuste des trois quartiles, n'était disponible que pour les chevesnes, les perches fluviatiles et les gardons. (pour cette raison, seule la moyenne a été présentée dans le graphique pour les autres espèces). On constate que les médianes des taux de lipides des échantillons de perches et de chevesnes entiers sont inférieures à 5 % (proches de 3 %), tandis que celle des taux de lipides des gardons est légèrement supérieure (5,3 %). Le taux de lipides de 5 % appliqué ensuite pour la normalisation semble donc représenter un état réaliste pour les gardons, tandis que les taux après normalisation au taux de lipides de 5 % doivent être considérées comme une estimation prudente pour les perches et les chevesnes (dont les taux de lipides ne dépassent jamais 5 %). Les taux moyens de lipides les plus bas sont observés dans les échantillons de poissons entiers des flets (N = 2).

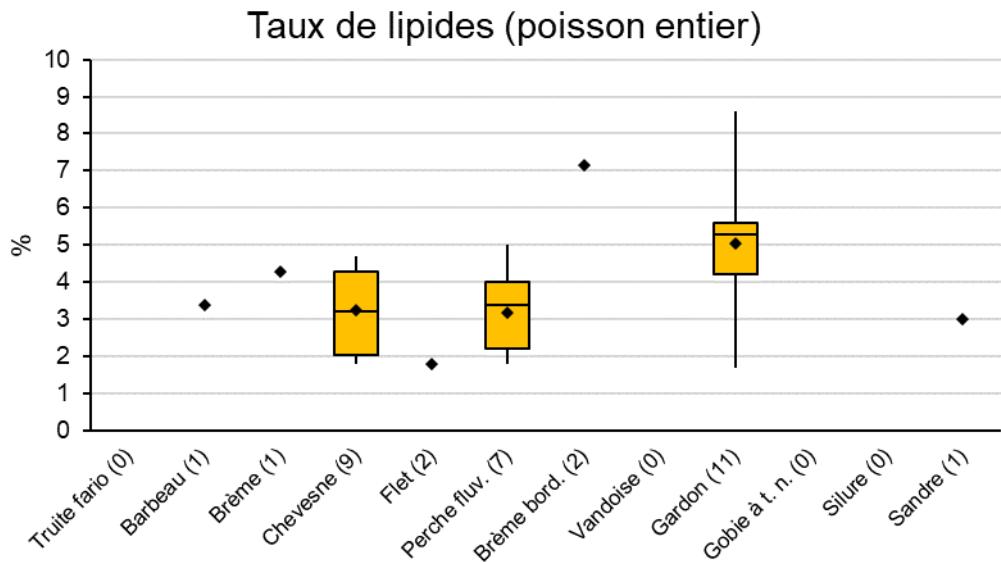


Figure 10 : Boîte à moustaches avec des taux de lipides rapportés dans les échantillons de poissons entiers des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons).

Les taux de matières sèches rapportés pour les échantillons de filets (Figure 11) vont de 8,8 % (valeur minimale, pour la perche fluviatile) à 39,3 % (valeur maximale, pour le chevesne). Ces deux valeurs extrêmes semblent toutefois plutôt atypiques. Pour leur part, les médianes évoluent toutes dans une fourchette relativement étroite, allant de 19,6 % (silure) à 25,7 % (brème) ; les taux de matières sèches dans le filet sont donc en grande majorité inférieurs au taux de matières sèches de 26 % utilisé par la suite pour la normalisation. Les moyennes évoluent dans une fourchette similaire.

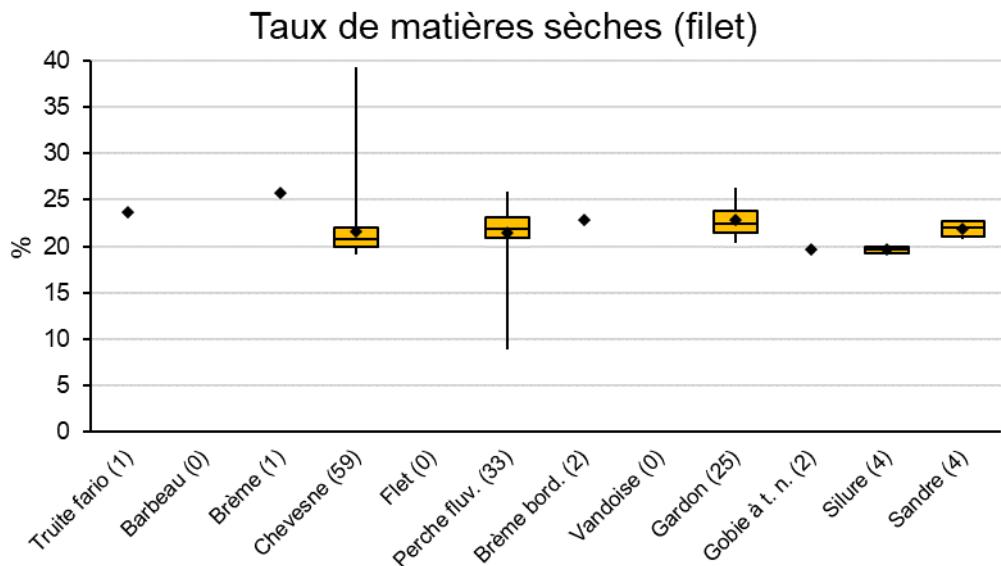


Figure 11 : Boîte à moustaches avec des taux de matières sèches rapportés dans les échantillons de filets des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons).

Les taux de matières sèches des échantillons de poissons entiers sont généralement quelque peu supérieurs à ceux de matières sèches dans les filets. Dans les échantillons de poissons entiers, les taux de matières sèches vont de valeurs minimales de 19,3 % (flet) à une valeur maximale de 29,2 % (gardon). Les moyennes des taux de matières sèches dans les échantillons de poissons entiers sont proches des médianes et se situent entre 20,0 % (flet, N=2) et 27,3 % (brème bordelaise, N=2). Le peu d'écart entre le 25^e et le 75^e percentile témoigne d'une distribution resserrée des résultats observés.

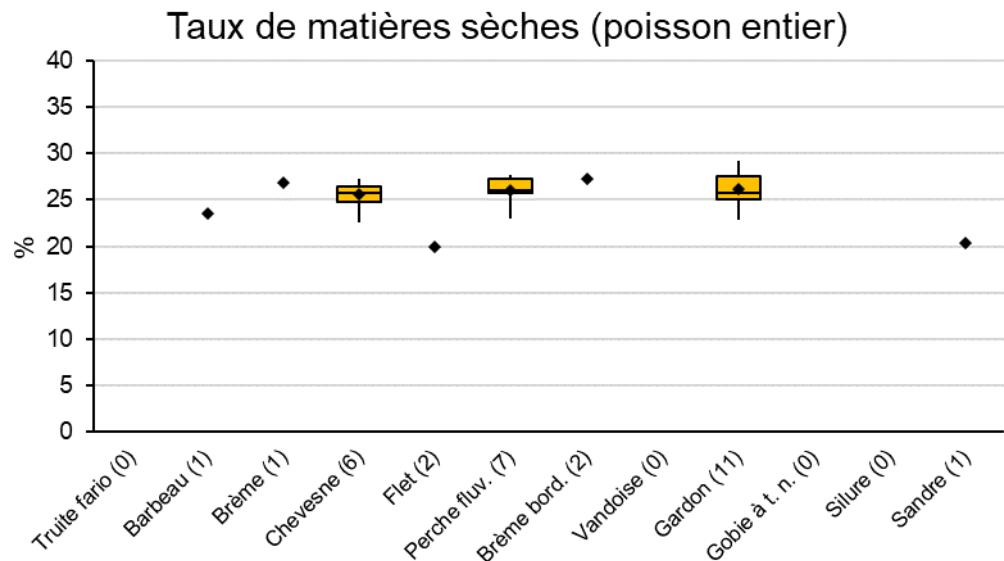


Figure 12 : Boîte à moustaches avec des taux de matières sèches rapportés dans les échantillons de poissons entiers des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons).

4.1.3 Comparaison des données de filet et de poisson entier

Les analyses ont été effectuées soit dans le filet, soit dans le poisson entier. Pour assurer la comparabilité entre les données du filet et du poisson entier et pour pouvoir mettre en relation les données avec le tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la norme de qualité environnementale, les données respectives sont converties dans la plus grande mesure possible au poisson entier ou au filet, conformément à l'enjeu qui détermine la NQE (santé humaine ou écosystème). Les facteurs de conversion requis sont disponibles pour le mercure, le PFOS, les dioxines et les composés de type dioxine, l'hexabromocyclododécane, les PBDE et l'hexachlorobenzène (Radermacher et al., 2019), de sorte qu'il est possible, parallèlement à la comparaison des tissus, d'examiner également les effets correspondants des conversions. Pour l'hexachlorobutadiène, le dicofol, l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore, on ne dispose pas de facteurs de conversion et on doit donc se limiter à une comparaison entre les données d'analyse obtenues dans le filet et celles tirées de poissons entiers. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

De la Figure 13 à la Figure 17, on trouvera des boîtes à moustache pour chacune des substances individuelles ou groupes de substances (à l'exception du dicofol) et pour l'ensemble du jeu de données sur les poissons. Ces illustrations comparent les teneurs dans le filet et dans le poisson entier ainsi que le cumul de ces valeurs obtenues après conversion du poisson entier au filet. Pour des raisons d'uniformité et de comparabilité, toutes les données sont converties au filet et non pas, comme il est d'usage de le faire pour les substances mesurées pour l'enjeu « écosystème » (hexachlorobutadiène, hexabromocyclododécane, mercure), au poisson entier. En outre, pour l'évaluation présentée dans ce chapitre, toutes les valeurs représentées sont préalablement normalisées au taux de matières sèches (mercure et PFOS) ou au taux de lipides (toutes les autres substances). Les données qu'il n'est pas possible de normaliser par manque de taux de lipides ou de matières sèches ne sont pas prises en compte dans cette comparaison. Pour les polluants à normaliser au taux de lipides, on dispose donc d'environ 97 % de l'ensemble des données, alors que seuls 72 % des échantillons ont été pris en compte pour les polluants à normaliser au taux de matières sèches.

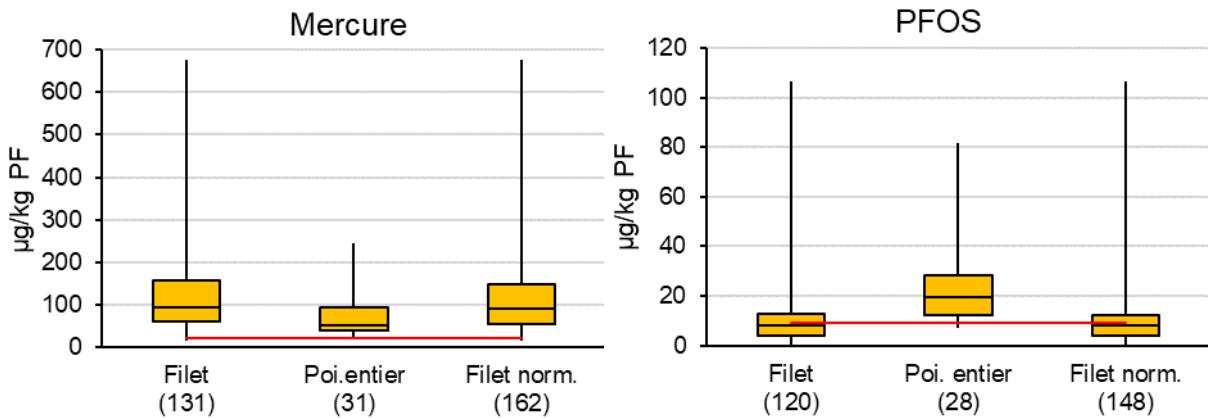


Figure 13 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Mercure (normalisation au TMS, NQE : 20 µg/kg PF) et PFOS (normalisation au TMS, NQE : 9,1 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

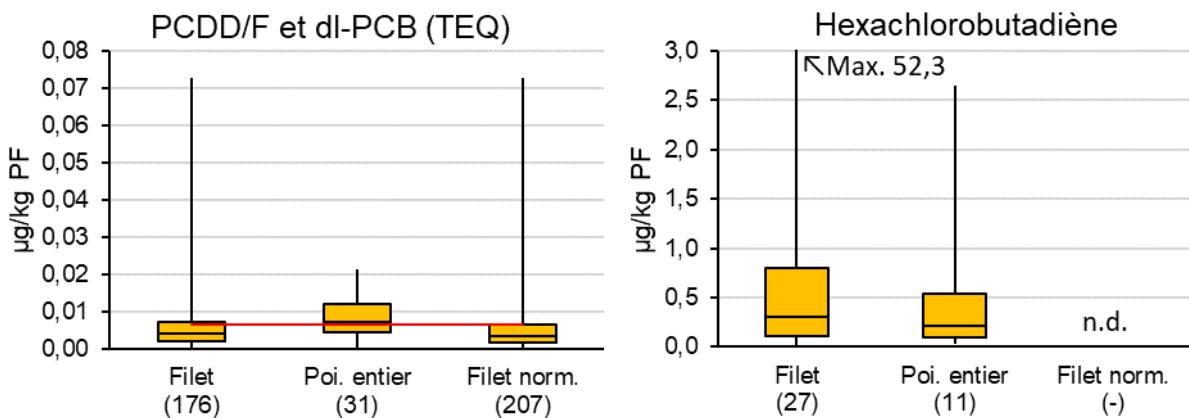


Figure 14 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL, NQE : 0,0065 µg/kg PF) et hexachlorobutadiène (normalisation au TL, pas de conversion possible, n. d. : non disponible, NQE 55 µg/kg). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

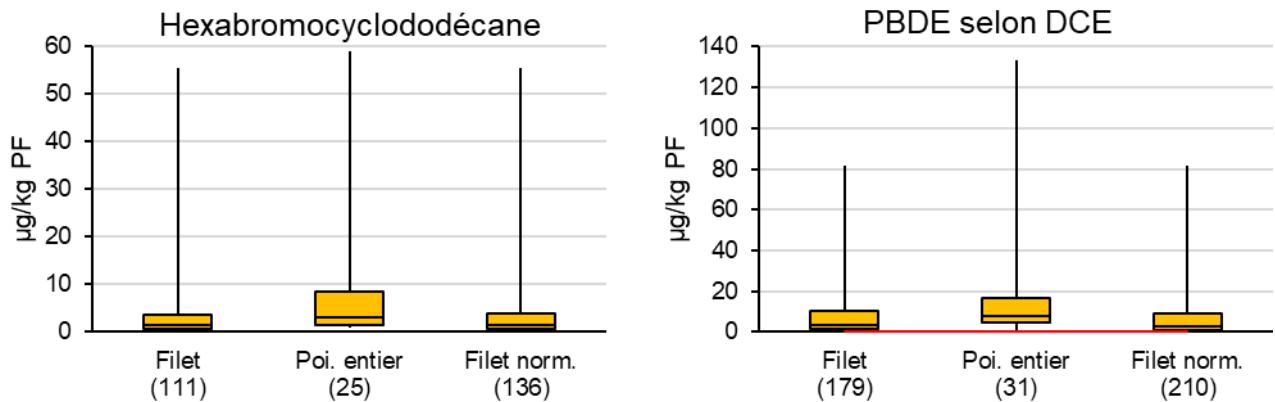


Figure 15 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Hexabromocyclododécane (normalisation au TL, NQE 167 $\mu\text{g}/\text{kg PF}$) et PBDE selon la DCE (normalisation au TL, NQE : 0,0085 $\mu\text{g}/\text{kg PF}$). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

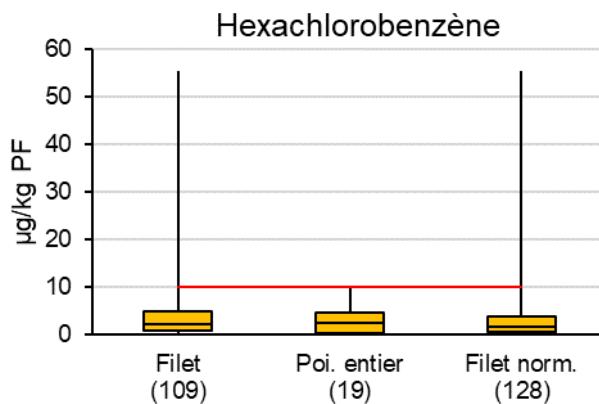


Figure 16 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Hexachlorobenzène (normalisation au taux de lipides, NQE : 10 $\mu\text{g}/\text{kg PF}$). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

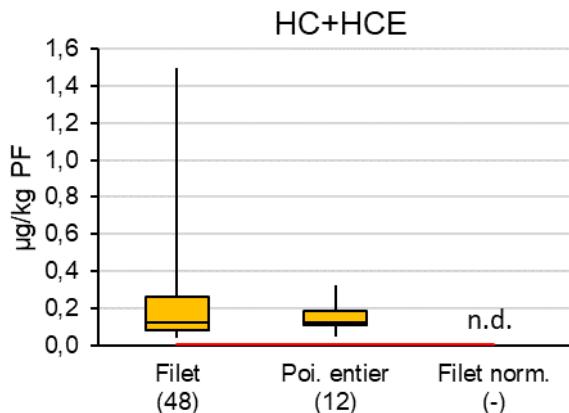


Figure 17 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL), pas de conversion possible, n. d. : non disponible, NQE : 0,0067 µg/kg PF. Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

La comparaison graphique fait ressortir des différences parfois très importantes entre les échantillons de filet et de poisson entier. Alors que la contamination par le mercure est plus basse dans le poisson entier que dans le filet, elle est plus élevée dans le poisson entier pour le PFOS, les dioxines et composés de type dioxine, l'hexabromocyclodécane et les PBDE, ce qui est en accord avec la bibliographie et les facteurs de conversion connus. Dans le cas de l'hexachlorobutadiène, de l'hexachlorobenzène, ainsi que de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore, les boîtes à moustaches du filet et du poisson entier se recoupent clairement, de sorte que les différences de distribution dans les tissus sont ici supposées peu importantes (à l'exception de quelques valeurs extrêmes observées sur le filet en dehors des boîtes à moustache).

Pour toutes les substances et tous les groupes de substances pour lesquels des facteurs de conversion existent entre le filet et le poisson entier, la conversion au filet permet une convergence des boîtes à moustaches, ce qui confirme la pertinence des facteurs utilisés. Cela permet d'évaluer conjointement les données des filets et des poissons entiers après la conversion visée au tissu. Faute de facteurs de conversion, il n'a pas été possible de convertir les résultats de l'hexachlorobutadiène ni de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore. Toutefois, comme indiqué précédemment, les teneurs de ces substances dans les échantillons de filet et de poisson entier sont bien comparables et les jeux de données évaluables sont parfois très limités pour une évaluation distincte du filet et du poisson entier (notamment quand on distingue en outre les omnivores des carnivores, comme l'expose le chapitre suivant). C'est pourquoi les données de filet et de poisson entier ont été regroupées pour les étapes suivantes de l'analyse dans le cas de l'hexachlorobutadiène, de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore.

4.1.4 Comparaison des espèces de poissons omnivores et carnivores

Comme il est mentionné plus haut, le jeu de données disponible rassemble 224 échantillons de douze espèces de poissons distinctes appartenant à différents niveaux trophiques. Étant donné que les substances et groupes de substances examinés sont bioaccumulables, on a analysé dans quelle mesure les espèces de poissons omnivores et carnivores se distinguaient sous l'angle de leur contamination chimique. Ici, les espèces de poissons omnivores sont celles dont l'alimentation est essentiellement herbivore et/ou insectivore, alors que le terme carnivore est appliqué aux espèces de poissons principalement piscivores. Le Tableau 9 montre le classement des espèces de poissons dans les deux catégories.

Tableau 9 : Classification des espèces de poissons en omnivores et carnivores.

Omnivores	Carnivores
Barbeau	Truite fario
Brème	Perche fluviatile
Chevesne	Silure
Flet	Sandre
Brème bordelière	
Vandoise	
Gardon	
Gobie à taches noires	

Afin de comparer les pressions polluantes entre espèces de poissons omnivores et carnivores, on a réalisé d'une part des graphiques de type boîte à moustaches et d'autre part un test de Student (test t) à partir de deux échantillons instantanés distincts. Pour l'évaluation dans ce chapitre, comme indiqué plus haut, toutes les données ont été normalisées à un taux de matières sèches de 26 % (mercure, PFOS) ou à un taux de lipides de 5 % (toutes les substances et tous les groupes de substances à l'exception du mercure et du PFOS). Par ailleurs, la conversion des teneurs en substances a été effectuée vers le tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle des NQE conformément au Tableau 5. Comme déjà exposé dans le chapitre précédent, cette conversion n'a pas été possible pour l'hexachlorobutadiène ni pour l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore en raison de l'absence de facteurs de conversion et les données de filet et de poisson entier ont ici été évaluées en commun. Les représentations graphiques sous forme de boîtes à moustaches se retrouvent dans les figures 18 à Figure 22.

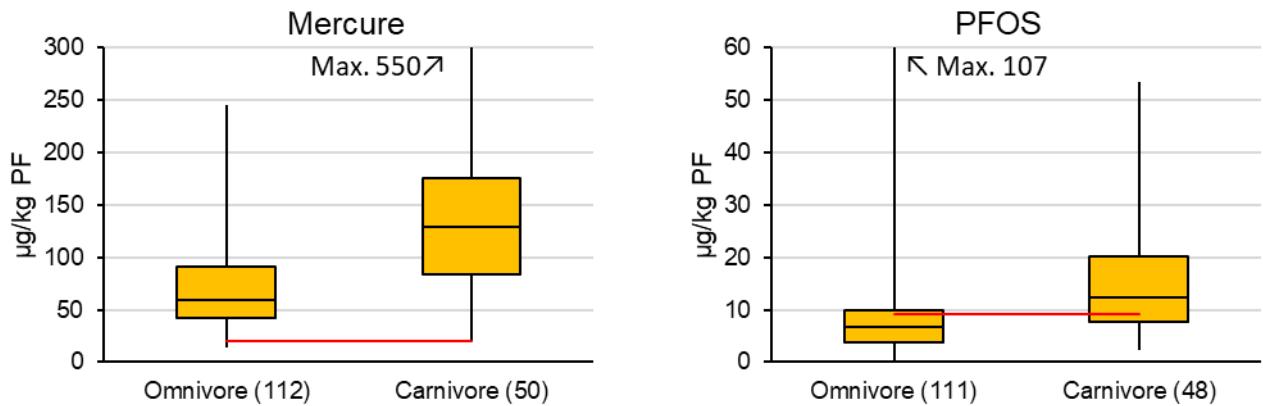


Figure 18 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 1 : mercure (normalisation au TMS ; conversion au poisson entier, NQE : 20 µg/kg PF) et PFOS (normalisation au TMS, conversion au filet, NQE : 9,1 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

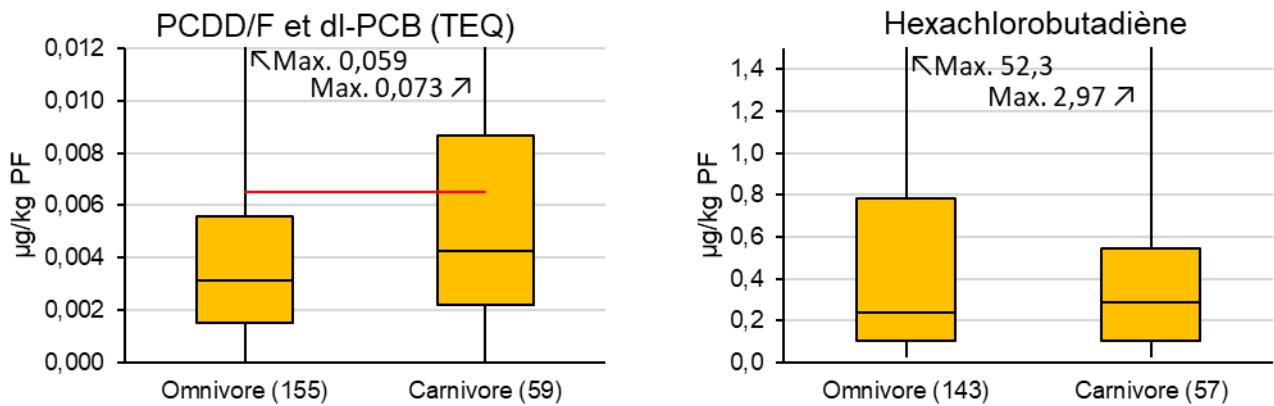


Figure 19 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 2 : PCDD/F+PCB de type dioxine (normalisation au TL, conversion au filet, NQE : 0,0065 µg/kg PF) et hexachlorobutadiène (normalisation au TL, échantillons de filet et de poisson entier, NQE : 55 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexachlorobutadiène : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

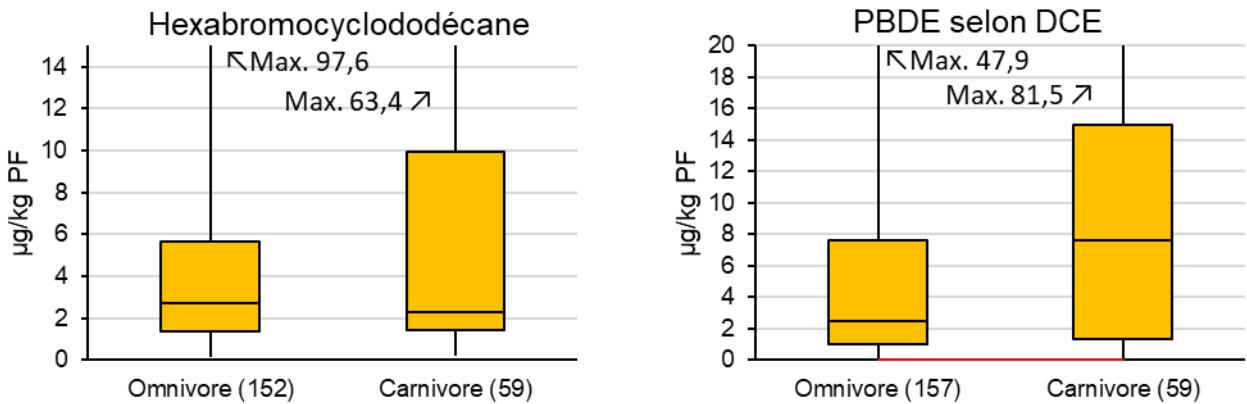


Figure 20 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 3 : hexabromocyclododecane (normalisation au TL, conversion au poisson entier, NQE : 167 µg/kg PF) et PBDE selon la DCE (normalisation au TL, conversion au filet, NQE : 0,0085 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexabromocyclododecane : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

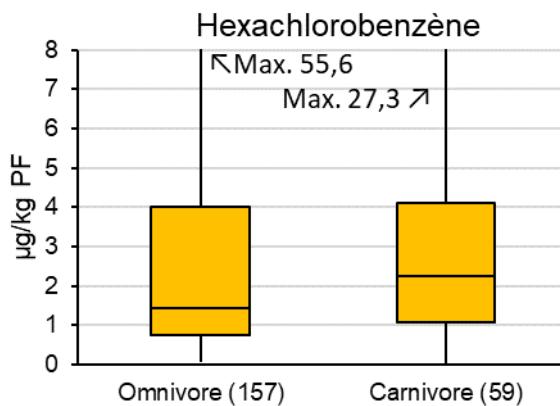


Figure 21 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 4 : hexachlorobenzène (normalisation au TL ; conversion au filet, NQE : 10 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexachlorobenzène : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

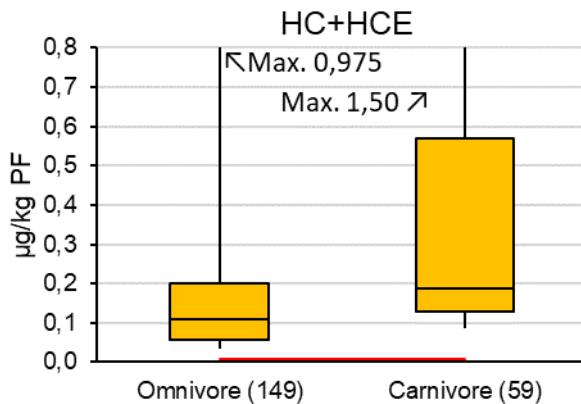


Figure 22 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 5 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL, échantillons de filet et de poisson entier, NQE : 0,0067 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

On trouvera dans le Tableau 10 un relevé synoptique des valeurs p du test t ainsi que le nombre d'échantillons à la base de ce test. Pour la réalisation des boîtes à moustaches présentées ci-dessus et pour le calcul du test t, on n'utilise que des valeurs supérieures aux limites de quantification spécifiques aux laboratoires et aux substances. Les valeurs inférieures aux limites de quantification ne sont pas considérées.

Tableau 10 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. N (total) : nombre de tous les jeux de données fournis ; N (exploitable) : nombre de tous les jeux de données ayant permis une normalisation ; N (> LQ) : nombre de toutes les valeurs supérieures à la limite de quantification ; (p (test t)) : résultat du test t de deux échantillons instantanés distincts. En gras : différences significatives (p < 0,05).

	Omnivores			Carnivores			p (test t)
	N (total)	N (exploitable)	N (> LQ)	N (total)	N (exploitable)	N (> LQ)	
Mercure	160	112	112	63	50	50	5,89 *10⁻⁶
PFOS	159	111	102	61	48	46	0,00307
PCDD/F+PCB type dioxine	160	155	149	61	59	58	0,0712
HCBD	146	143	132	59	57	51	0,264
HBCDD	159	152	95	61	59	49	0,326
PBDE	160	157	154	61	59	56	0,000176
Hexachlorobenzène	160	157	110	61	59	29	0,413
HC+HCE	160	149	138	61	59	53	0,0821

Comme le montre le Tableau 10, on relève une différence significative ($p < 0,05$) entre espèces de poissons omnivores et carnivores pour le mercure, le PFOS et les PBDE. Dans de tels cas et pour cette raison, les étapes suivantes d'analyse sont réalisées, en accord avec la CIPR, en séparant espèces omnivores et carnivores ou en ne considérant que les poissons omnivores. Pour la synthèse des teneurs polluantes (chapitre 4.1.5), on dispose de suffisamment de données pour évaluer séparément toutes les substances et tous les groupes de substances. On procède donc à l'évaluation séparée de toutes les données. Pour la comparaison spatiale (chapitre 4.1.6) des trois substances/groupes de substances susmentionnés, il a été décidé en accord avec la CIPR de ne fonder la comparaison spatiale que sur les espèces omnivores, la base de données portant sur les espèces carnivores n'ayant pas été jugée suffisamment ample pour autoriser une évaluation séparée. Des cartes de pression supplémentaires communes pour les espèces omnivores et carnivores ont été élaborées pour les PFOS uniquement. Les jeux de données des espèces de poissons carnivores ne sont donc pas pris en compte pour la comparaison spatiale des pressions dues au mercure et PBDE. L'évaluation de la distribution spatiale rassemble les espèces omnivores et carnivores pour les dioxines et les composés de type dioxine, l'hexachlorobutadiène, l'hexabromocyclododécane, l'hexachlorobenzène, de même que l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore, étant donné que les différences entre ces deux groupes ne sont pas significatives.

4.1.5 Synthèse des teneurs polluantes

Après nettoyage du jeu de données initial, qui se composait de 7 900 résultats d'analyse (auxquelles s'ajoutent les métadonnées : taille, poids etc.), le jeu final évalué se compose au total de 2 022 valeurs d'analyse distinctes pour dix paramètres de substances distincts dans 224 échantillons de poisson au total. On dispose par conséquent d'une bonne base de données pour l'évaluation. Pratiquement tous les polluants ou groupes de polluants ont été mesurés dans plus de 200 échantillons de ce jeu final (ce qui correspond à env. 90 %).

4.1.5.1 Teneurs non normalisées de polluants

Les données descriptives des pressions polluantes sont regroupées ci-après dans les Tableau 11 à 13 et intègrent la valeur minimale et la valeur maximale (avec la masse d'eau correspondante) ainsi que la moyenne avec écart type, la médiane, le pourcentage relatif d'échantillons dépassant la norme de qualité environnementale et la possibilité de contrôler le respect de la norme de qualité environnementale s'appliquant à la substance. L'évaluation est indiquée de manière séparée pour les espèces de poissons omnivores (Tableau 11) et carnivores (Tableau 12), ainsi que pour les deux groupes rassemblés (Tableau 13).

Le jeu de données initial est presque complet pour le mercure ($N = 223$). Un échantillon n'affiche pas de données d'analyse du mercure. Dans tous les échantillons où le mercure est

analysé, cette substance peut être quantifiée avec un taux de détection de 100 %. Sur les 223 valeurs, 160 se rapportent à des espèces de poissons omnivores et 63 à des carnivores. Sans prise en compte de la normalisation au taux de matières sèches, la NQE biote de 20 µg/kg PF est dépassée dans 94 % des échantillons des omnivores et dans 95 % des échantillons des carnivores. Ces résultats concordent avec ceux d'évaluations antérieures obtenues pour le Rhin, de même qu'avec ceux de pratiquement tous les autres fleuves d'Allemagne (CIPR, 2018 ; Umweltbundesamt, 2023). La teneur la plus élevée dans les poissons omnivores est mesurée à Detzem dans la Moselle et s'élève à 260 µg/kg PF. Pour les poissons carnivores, elle s'élève à 421 µg/kg PF dans la Moselle également (Millery-Vandières) et est donc nettement plus élevée que celle des poissons omnivores.

Les groupe des PBDE est également détecté dans la majorité des échantillons analysés (taux de détection de 97 % dans le groupe complet d'échantillons). On relève ici par ailleurs un taux élevé de dépassements des NQE, similaire à ceux du mercure, pour les six indicateurs des PBDE sélectionnés conformément à la DCE. La NQE biote des PBDE, fixée à 0,0085 µg/kg PF, est dépassée dans 96 % des échantillons exploitables (omnivores : 97 %, carnivores : 93 %). La contamination la plus forte dans les poissons omnivores est mesurée dans la Moselle au niveau dans la masse d'eau Millery-Vandières, avec une valeur de 16,1 µg/kg PF. La teneur la plus élevée pour les espèces carnivores est détectée dans la même masse d'eau. Elle est de 16,8 µg/kg PF et est donc à un niveau à peu près équivalent. Le dépassement à grande échelle de la NQE biote par les PBDE est également décrit dans les références bibliographiques (CIPR, 2018 ; Umweltbundesamt, 2023).

Le pourcentage de dépassement de la NQE des autres substances et groupes de substances évoquées dans le présent rapport est nettement inférieur dans la plupart des cas. Pour le PFOS, cette valeur est de 66 % dans les poissons carnivores et de 20 % dans les poissons omnivores. La norme de qualité environnementale de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore (0,0067 µg/kg PF) est dépassée dans 31 % (omnivores) et 25 % (carnivores) des échantillons. Pour les dioxines et les composés de type dioxine, le dicofol, l'hexachlorobutadiène, l'hexachlorobenzène et l'hexabromocyclododécane, la NQE biote respective est respectée dans tous les tronçons des cours d'eau analysés du bassin du Rhin., dans la mesure où les données ne sont pas normalisées au taux de lipides ou au taux de matières sèches.

Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

L'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore sont quantifiés dans 31 % des échantillons exploitables avec des teneurs supérieures à la limite de quantification respective. Dans 29 % des échantillons, la teneur identifiée est supérieure à la NQE biote fixée à 0,0067 µg/kg PF (omnivores : 31 %, carnivores : 25 %). Le fait que les limites de quantification de nombreux laboratoires sont en partie nettement supérieures aux NQE biote de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore est jugé problématique. Les échantillons analysés dans les laboratoires disposant de limites de quantification suffisamment basses sautent souvent aux yeux du fait d'un dépassement d'une NQE. Par conséquent, la norme de qualité environnementale est fondamentalement contrôlable, mais elle dépend toutefois du laboratoire sélectionné et est donc classée « partiellement » contrôlable dans les Tableau 11 à Tableau 13. En raison du pourcentage relativement élevé de dépassements de la NQE quand les limites de quantification sont suffisamment basses, on recommande de faire contrôler cette norme par un choix de laboratoires aux techniques suffisamment sensibles, car on part du principe que la NQE est dépassée de manière pratiquement systématique.

Tableau 11 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les poissons omnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

(Groupe de substance(s)	N	Moyenne [µg/kg PF]	Écart type [µg/kg PF]	Médiane [µg/kg PF]	Min [µg/kg PF]	Max [µg/kg PF]	Masse d'eau avec pression maximale	Dépassement de la NQE ³	NQE contrôlable ?
Hg	160	57,1	38,3	45,7	8,9	260	Mosel - Detzem	94 %	Oui
PFOS	159	7,83	11,4	5,02	< LQ	91	Rhin - Karlsruhe	20 %	Oui
PCDD/F+PCB type dioxine ⁴	158	0,00102	0,000960	0,000715	< LQ	0,0061	Moselle - Liverdun	0 %	Oui
HCBD	146	0,61	2,01	0,140	< LQ	11,5	Lippe / Wesel	0 %	Oui
HBCDD	155	1,95	2,4	1,00	< LQ	12,2	Sarre - Güdingen-Grosbliederstr.	0 %	Oui
PBDE	160	1,19	1,83	0,73	< LQ	16,1	Mosel - Millery – Vandières	97 %	Oui
HCB	160	0,69	0,81	0,35	< LQ	5,0	Rhin - Karlsruhe	0 %	Oui
Dicofol	23	< LQ	-	< LQ	< LQ	< LQ	Alzette / Ettelbrück	0 %	Oui
HC + HCE	152	0,0564	0,0637	0,0264	< LQ	0,350	Rhin, Hollandsch Diep	31%	En partie

³ Conformément à la directive 2013/39/UE

⁴ En tant que TEQ de l'OMS

Tableau 12 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les poissons carnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

(Groupe de substance(s)	N	Moyenne [µg/kg PF]	Écart type [µg/kg PF]	Médiane [µg/kg PF]	Min [µg/kg PF]	Max [µg/kg PF]	Masse d'eau avec pression maximale	Dépassement de la NQE ⁵	NQE contrôlable ?
Hg	63	113	66,5	106	9,74	421	Mosel - Millery – Vandières	95 %	Oui
PFOS	61	14,9	10,9	11,9	< LQ	57,8	Moselle (Palzem)	66 %	Oui
PCDD/F+PCB type dioxine ⁶	61	0,00115	0,00103	0,000837	< LQ	0,00578	Wupper – Opladen	0 %	Oui
HCBD	59	0,0325	0,0319	0,0200	< LQ	0,107	Lippe / Wesel	0 %	Oui
HBCDD	61	2,30	5,41	0,523	< LQ	27,0	Sarre - Güdingen-Grosbliederstr.	0 %	Oui
PBDE	61	2,51	3,89	0,891	< LQ	16,8	Mosel - Millery – Vandières	93 %	Oui
HCB	61	0,417	0,442	0,201	< LQ	1,53	Sarre - Fremersdorf	0 %	Oui
Dicofol	6	< LQ	-	< LQ	< LQ	< LQ	Alzette / Ettelbrück	0 %	Oui
HC + HCE	61	0,0317	0,0420	0,0189	< LQ	0,163	Mosel - Millery – Vandières	25 %	En partie

⁵ Conformément à la directive 2013/39/UE

⁶ En tant que TEQ de l'OMS

Tableau 13 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans tous les poissons (omnivores et carnivores) : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

(Groupe de substance(s)	N	Moyenne [µg/kg PF]	Écart type [µg/kg PF]	Médiane [µg/kg PF]	Min [µg/kg PF]	Max [µg/kg PF]	Masse d'eau avec pression maximale	Dépassement de la NQE ⁷	NQE contrôlable ?
Hg	223	72,9	54,2	56,8	8,93	421	Mosel - Millery – Vandières	94 %	Oui
PFOS	220	9,83	11,7	6,79	< LQ	91,0	Rhin - Karlsruhe	33 %	Oui
PCDD/F+PCB type									
dioxine ⁸	219	0,00105	0,000984	0,00075	< LQ	0,00611	Moselle - Liverdun	0 %	Oui
HCBD	205	0,477	1,79	0,0795	< LQ	11,5	Lippe / Wesel	0 %	Oui
HBCDD	216	2,07	3,75	0,869	< LQ	27,0	Sarre - Güdingen-Grosbliederstr.	0 %	Oui
PBDE	221	1,55	2,62	0,771	< LQ	16,8	Mosel - Millery – Vandières	96 %	Oui
HCB	221	0,629	0,757	0,300	< LQ	5,00	Rhin - Karlsruhe	0 %	Oui
Dicofol	29	< LQ	-	< LQ	< LQ	< LQ	Alzette / Ettelbrück	0 %	Oui
HC + HCE	213	0,0500	0,0598	0,0235	< LQ	0,350	Rhin, Hollandsch Diep	29 %	En partie

⁷ Conformément à la directive 2013/39/UE

⁸ En tant que TEQ de l'OMS

Les représentations graphiques sous forme de boîtes à moustaches des concentrations des substances et groupes de substances dans les différentes espèces de poissons se retrouvent dans les figures 23 à 30. La norme de qualité environnementale respective est tracée dans les graphiques sous forme de ligne rouge, dans la mesure où cette représentation est possible à l'échelle donnée. Toutes les données sont converties au tissu d'échantillonnage concerné, comme indiqué dans les légendes des figures, et non normalisées. Comme il est impossible, par manque de facteurs correspondants, de convertir entre filet et poisson entier dans le cas de l'hexachlorobutadiène ainsi que de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore, et comme le filet et le poisson entier affichent des fourchettes de valeurs similaires (voir chapitre 4.1.3), les données de filet et de poisson entier sont regroupées dans ces deux cas. Le nombre parfois limité d'échantillons exploitables par espèce de poisson empêche parfois la réalisation de boîtes à moustaches. On ajoute alors les valeurs moyennes sous forme de losanges. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

Les figures ci-après affichent une image contrastée des teneurs polluantes dans les différentes espèces de poissons. Selon la substance et la qualité des données, on voit ressortir différents modèles qui, dans le cas des teneurs polluantes non normalisées, ne sont que partiellement imputables au niveau trophique dans la chaîne alimentaire (www.fishbase.de, Froese and Pauly (2024)).

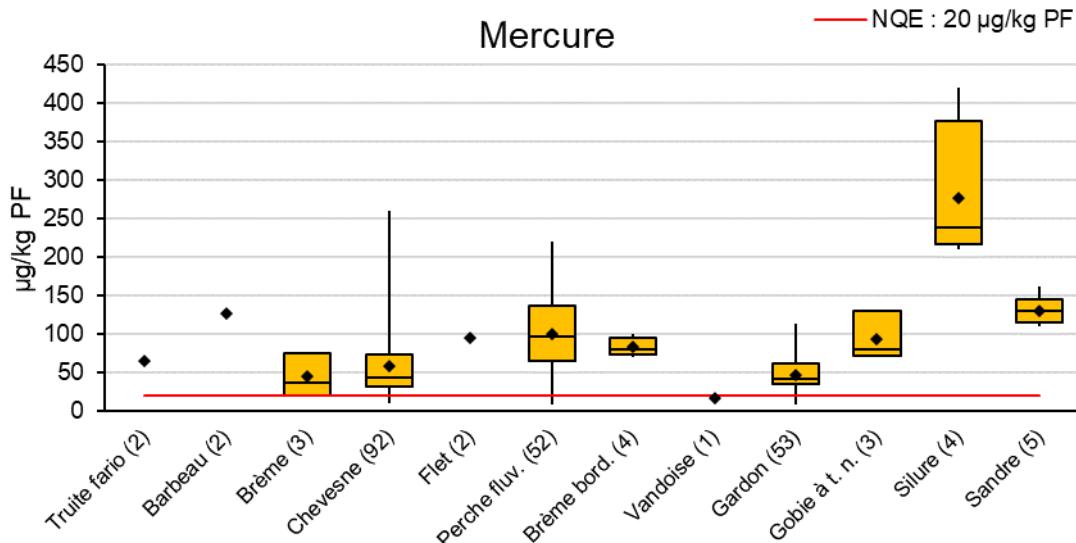


Figure 23 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 1 : mercure (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

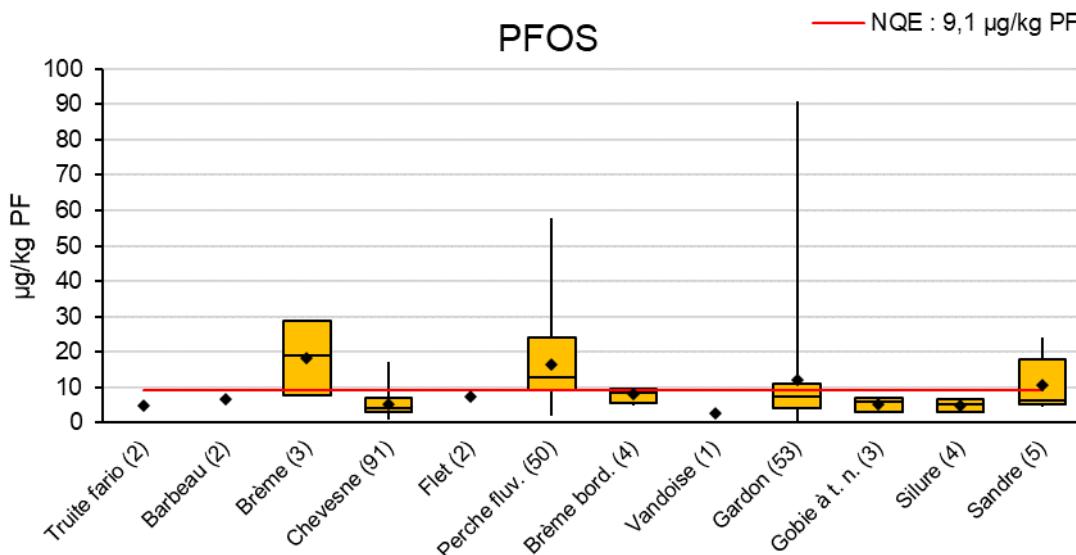


Figure 24 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 2 : PFOS (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

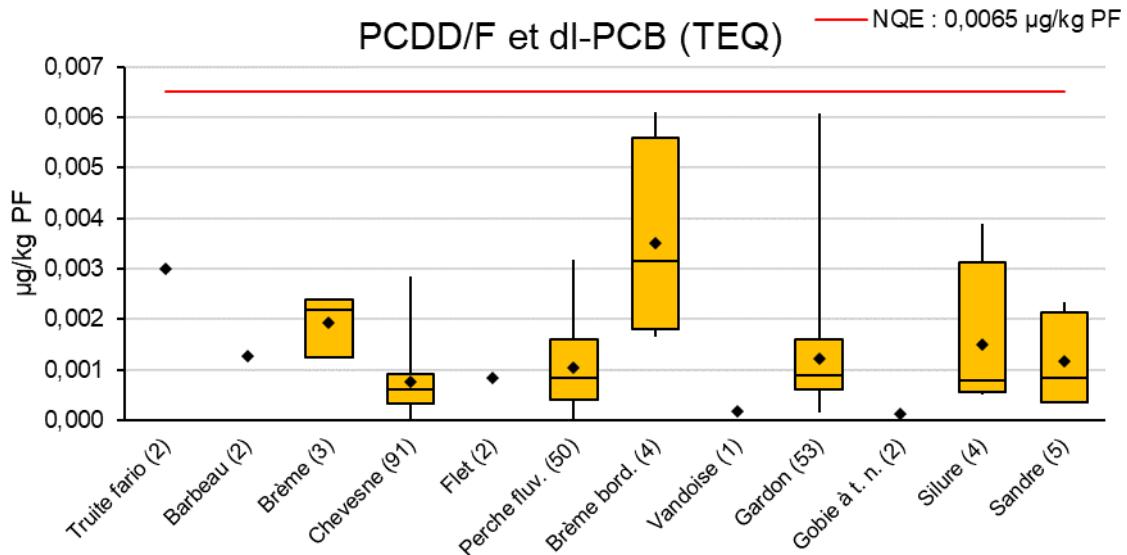


Figure 25 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

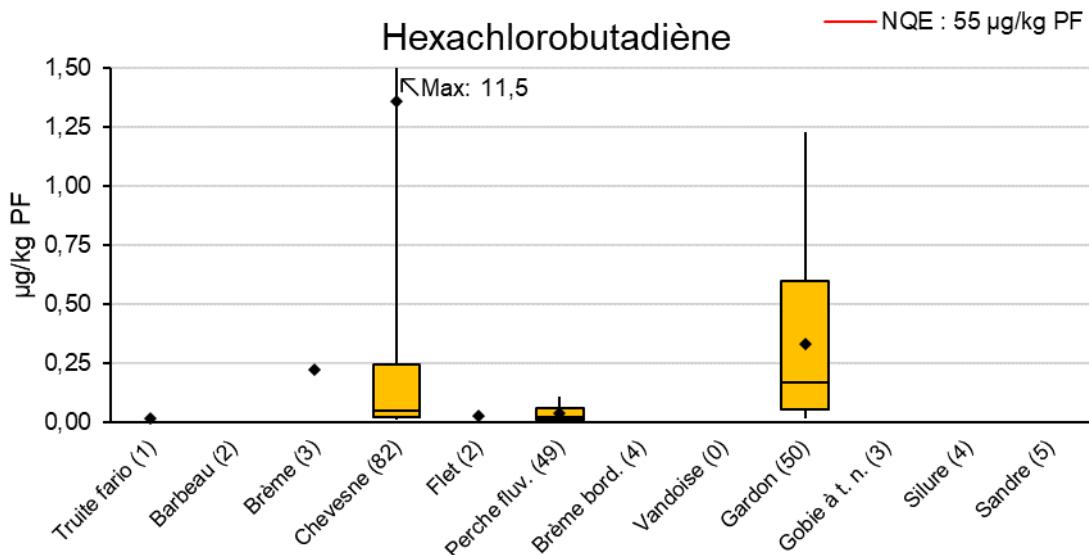


Figure 26 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 4 : hexachlorobutadiène (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

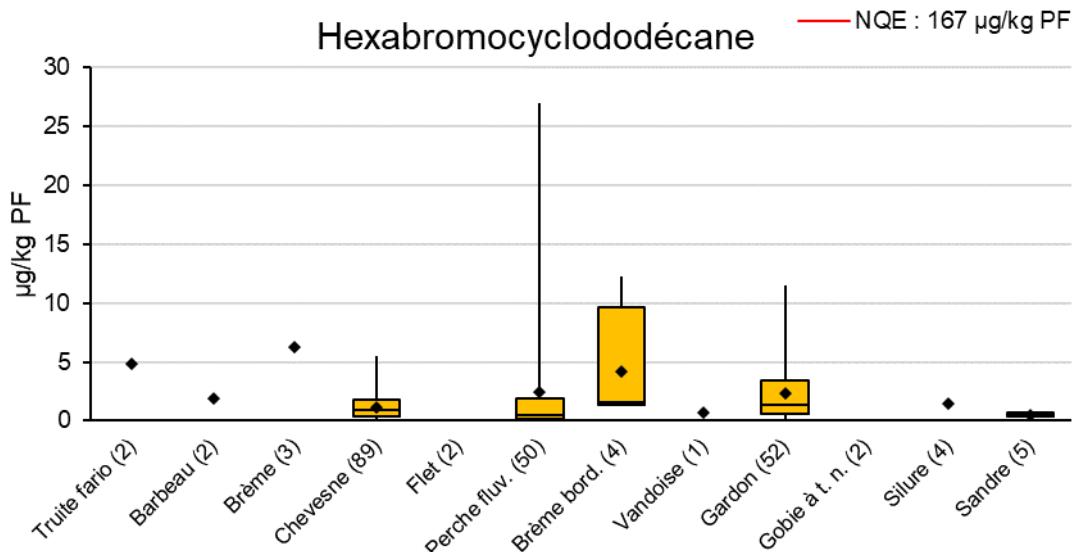


Figure 27 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 5 : hexabromocyclododécane (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

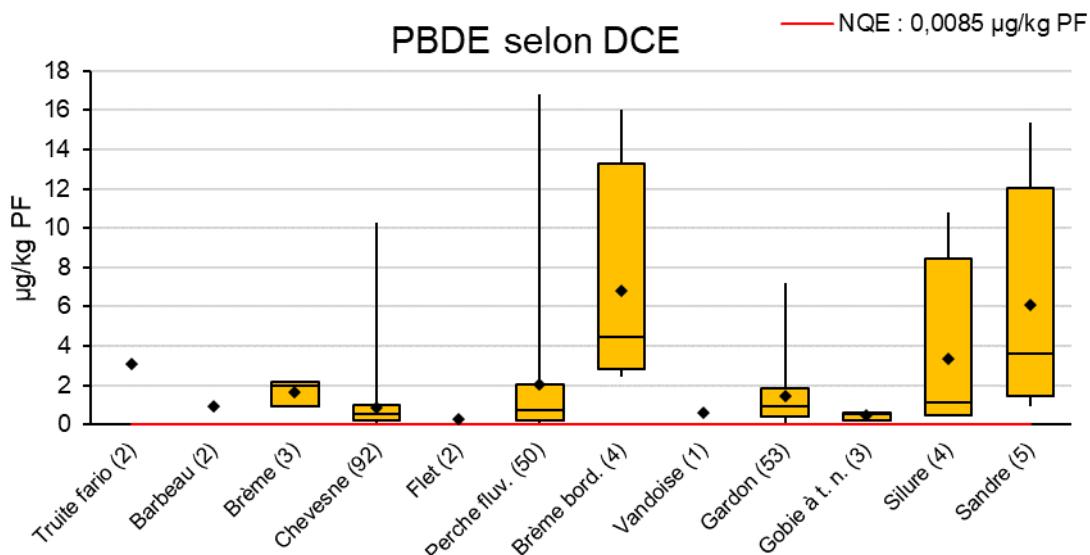


Figure 28 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 6 : PBDE selon la DCE (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

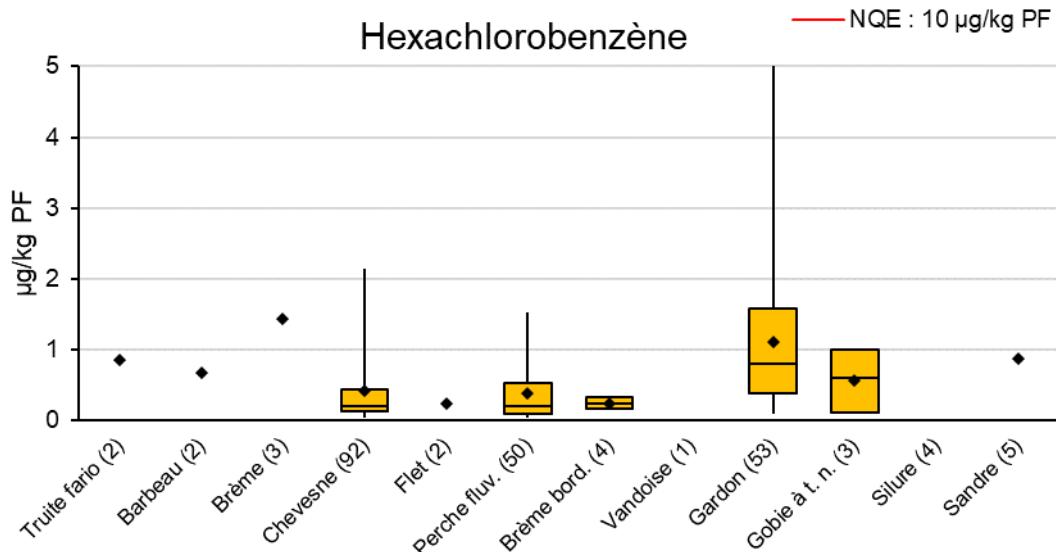


Figure 29 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 7 : hexachlorobenzène (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

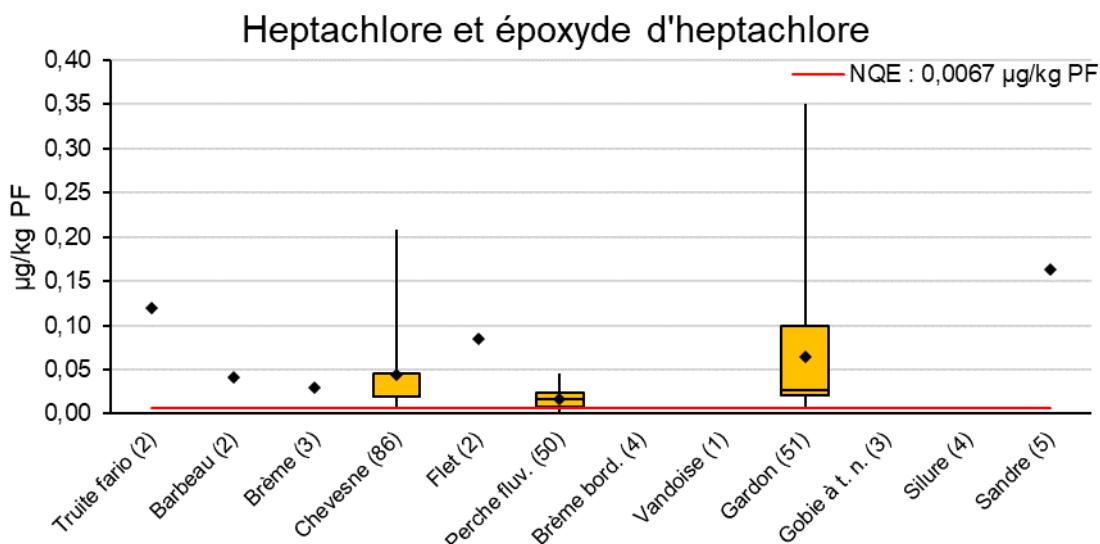


Figure 30 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 9 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

4.1.5.2 Teneurs normalisées de polluants

De manière analogue aux teneurs polluantes non normalisées, les paragraphes suivants présentent et décrivent les teneurs polluantes normalisées. Il convient de signaler comme facteur restrictif pour le jeu de données évaluable l'absence partielle de données sur le taux de lipides (données complètes à 97 %) et plus encore sur le taux de matières sèches (données complètes à 72 %). À cause des données restreintes sur le taux de matières sèches, env. un quart des jeux de données sur le mercure et le PFOS n'est pas exploitable. Comme le taux de matières sèches varie peu entre les espèces de poissons et au sein d'une même espèce (voir Figure 11 et Figure 12), des médianes couvrant toutes les espèces ont été utilisées comme valeurs de substitution pour la normalisation ci-dessous pour les échantillons de filets et de poissons entiers sans taux de matières sèches disponible. Les taux médians de matières sèches sont de 21,5 % dans le filet et de 25,9 % dans le poisson entier. L'application de cette méthode n'a été nécessaire que pour les PFOS et le mercure, car les autres substances ont été normalisées au taux de lipides. En raison des variations importantes entre les espèces de poissons et au sein d'une même espèce, aucune valeur de substitution n'a été utilisée pour les taux de lipides manquants.

Les données descriptives des pressions polluantes sont regroupées ci-après dans les Tableau 14 à 16 et intègrent la valeur minimale et la valeur maximale (avec les sites de prélèvement correspondants) ainsi que la moyenne avec écart type, la médiane, le pourcentage relatif d'échantillons dépassant la norme de qualité environnementale et une estimation de la possibilité de contrôle de la norme de qualité environnementale s'appliquant à la substance. L'évaluation est indiquée de manière séparée pour les espèces de poissons omnivores (Tableau 14) et carnivores (tableau 15), ainsi que pour les deux groupes rassemblés (tableau 16).

Le jeu de données initial est presque complet pour le mercure (N = 223). Un échantillon n'affiche pas de données d'analyse du mercure. En appliquant des taux de matières sèches de substitution quand les données manquaient, on a pu étendre le jeu de données de 162 à 223 échantillons exploitables. Dans tous les échantillons où le mercure est analysé, cette substance peut être quantifiée avec un taux de détection de 100 %. Sur les 223 valeurs, 160 se rapportent à des espèces de poissons omnivores et 63 à des carnivores. La NQE biote de 20 µg/kg PF est dépassée dans 95 % des échantillons des omnivores et dans 98 % des échantillons des carnivores. Ces résultats concordent avec ceux d'évaluations antérieures obtenues pour le Rhin, de même qu'avec ceux de pratiquement tous les autres fleuves d'Allemagne (CIPR, 2018 ; Umweltbundesamt, 2023). La teneur normalisée la plus élevée dans les poissons omnivores est mesurée à Detzem dans la Moselle et s'élève à 314 µg/kg PF. Pour les poissons carnivores, elle s'élève à 550 µg/kg PF dans la Moselle également (Millery-Vandières) et est donc presque deux fois plus élevée que celle des poissons omnivores.

Les groupe des PBDE est également détecté dans tous les échantillons analysés (taux de détection de 100 %) pour lesquels une normalisation au taux de lipides était possible. On relève ici par ailleurs un taux élevé de dépassements des NQE, similaire à ceux du mercure, pour les six indicateurs des PBDE sélectionnés conformément à la DCE. La NQE biote des PBDE, fixée à 0,0085 µg/kg PF, est dépassée dans 97 % des échantillons exploitables (omnivores : 97 %, carnivores : 95 %). La contamination la plus forte dans les poissons omnivores est mesurée dans le Rhin au niveau de la masse d'eau de Clèves-Bimmen, avec une valeur de 47,9 µg/kg PF. La teneur la plus élevée pour les espèces carnivores est détectée dans la même masse d'eau. Elle est de 81,5 µg/kg PF et est donc près de mille fois plus élevée que la norme de qualité environnementale. Le dépassement à grande échelle de la NQE biote par les PBDE est également décrit dans les références bibliographiques (CIPR, 2018 ; Umweltbundesamt, 2023).

Le pourcentage de dépassement de la NQE dans les jeux de données normalisés des autres substances et groupes de substances évoquées dans le présent rapport est nettement inférieur dans la plupart des cas. Dans les poissons carnivores, cette valeur est de 69 % pour le PFOS (NQE : 9,1 µg/kg PF), de 37 % pour les dioxines et composés de type dioxine (NQE : 0,0065 µg/kg PF) et de 25 % pour l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore (NQE : 0,0067 µg/kg PF). Dans les poissons omnivores, les dépassements des normes de qualité environnementale respectives portent sur un nombre sensiblement moins important d'échantillons. Les pourcentages de dépassement de NQE dans les poissons omnivores sont de 28 % pour le PFOS, de 20 % pour les dioxines et composés de type dioxine et de 22 % pour l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore. À l'opposé de cette tendance, le pourcentage de dépassement de la NQE de l'hexachlorobenzène est plus faible dans les poissons carnivores (2 %) que dans les poissons omnivores (8 %). La NQE biote respective du dicofol, de l'hexachlorobutadiène et de l'hexabromocyclododécane est respectée dans tous les tronçons des cours d'eau analysés du bassin du Rhin.

Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

L'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore sont quantifiés dans 29 % des échantillons exploitables avec des teneurs supérieures à la limite de quantification respective. Dans 23 % des échantillons exploitables, la teneur identifiée est supérieure à la NQE biote fixée à 0,0067 µg/kg PF (omnivores : 22 %, carnivores : 25 %). Le fait que les limites de quantification de nombreux laboratoires sont en partie nettement supérieures aux NQE biote de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore est jugé problématique. Les échantillons

analysés dans les laboratoires disposant de limites de quantification suffisamment basses sautent souvent aux yeux du fait d'un dépassement d'une NQE. Par conséquent, la norme de qualité environnementale est fondamentalement contrôlable, mais elle dépend toutefois du laboratoire sélectionné et est donc classée « partiellement » contrôlable dans les Tableau 14 à 16. En raison du pourcentage relativement élevé de dépassements de la NQE quand les limites de quantification sont suffisamment basses, on recommande de faire contrôler cette norme par les laboratoires disposant de méthodes d'analyse suffisamment sensibles.

Tableau 14 : Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans les poissons omnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au TMS (y compris les matières sèches de substitution) ; autres substances : normalisation aux lipides Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

(Groupe de substance(s))	N	Moyenne [µg/kg PF]	Écart type [µg/kg PF]	Médiane [µg/kg PF]	Min [µg/kg PF]	Max [µg/kg PF]	Masse d'eau avec pression maximale	Dépassement de la NQE ⁹	NQE contrôlable ?
Hg	160	66,9	45,5	53,2	10,8	314	Mosel - Detzem	95 %	Oui
PFOS	159	9,15	13,6	5,78	< LQ	107	Rhin - Karlsruhe	28 %	Oui
PCDD/F+PCB type									
dioxine ¹⁰	155	0,00487	0,00691	0,00313	< LQ	0,0589	Rhin - Clèves-Bimmen	20 %	Oui
HCBD	143	2,67	9,45	0,238	< LQ	52,3	Lippe / Wesel	0 %	Oui
HBCDD	152	6,42	13,2	2,71	< LQ	97,6	Rhin - Clèves-Bimmen	0 %	Oui
PBDE	157	5,45	7,57	2,49	< LQ	47,9	Rhin - Clèves-Bimmen	97 %	Oui
HCB	157	4,84	9,44	1,43	< LQ	55,6	Rhin - Mannheim	8 %	Oui
Dicofol	23	< LQ	-	< LQ	< LQ	< LQ	-	0 %	Oui
HC + HCE	149	0,186	0,207	0,108	< LQ	0,975	Rhin - Clèves-Bimmen	22 %	En partie

Tableau 15 : Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans les poissons carnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au taux de matières sèches ; autres substances : normalisation au taux de lipides. Toutes les données ont été

⁹ Conformément à la directive 2013/39/UE

¹⁰ En tant que TEQ de l'OMS

converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

(Groupe de substance(s))	N	Moyenne [µg/kg PF]	Écart type [µg/kg PF]	Médiane [µg/kg PF]	Min [µg/kg PF]	Max [µg/kg PF]	Masse d'eau avec pression maximale	Dépassement de la NQE ¹¹	NQE contrôlable ?
Hg	63	138	87,9	126	11,8	550	Mosel - Millery – Vandières	98 %	Oui
PFOS	61	18,2	13,7	14,2	< LQ	69,9	Moselle (Palzem)	69%	Oui
PCDD/F+PCB type									
dioxine ¹²	59	0,00806	0,0125	0,00428	< LQ	0,0727	Rhin - Clèves-Bimmen	37%	Oui
HCBD	57	0,7	0,973	0,290	< LQ	2,972	Lippe / Wesel	0 %	Oui
HBCDD	59	8,90	14,1	2,26	< LQ	63,4	Rhin - Clèves-Bimmen	0 %	Oui
PBDE	59	13,4	17,5	7,60	< LQ	81,5	Rhin - Clèves-Bimmen	95 %	Oui
HCB	59	3,70	5,17	2,25	< LQ	27,3	Rhin - Clèves-Bimmen	2 %	Oui
Dicofol	6	< LQ	-	< LQ	< LQ	< LQ	-	0 %	Oui
HC + HCE	59	0,390	0,395	0,189	< LQ	1,50	Neckar, Mannheim	25 %	En partie

¹¹ Conformément à la directive 2013/39/UE

¹² En tant que TEQ de l'OMS

Tableau 16 : Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans tous les poissons (omnivores et carnivores) : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au taux de matières sèches ; autres substances : normalisation au taux de lipides. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

(Groupe de substance(s)	N	Moyenne [µg/kg PF]	Écart type [µg/kg PF]	Médiane [µg/kg PF]	Min [µg/kg PF]	Max [µg/kg PF]	Masse d'eau avec pression maximale	Dépassement de la NQE ¹³	NQE contrôlable ?
Hg	223	86,9	68,4	65,4	10,8	550	Mosel - Millery – Vandières	96 %	Oui
PFOS	220	11,7	14,2	7,77	< LQ	107	Rhin - Karlsruhe	40 %	Oui
PCDD/F+PCB type									
dioxine ¹⁴	214	0,00576	0,00894	0,00333	< LQ	0,0727	Rhin - Clèves-Bimmen	25 %	Oui
HCBD	200	2,30	8,58	0,264	< LQ	52,3	Lippe / Wesel	0 %	Oui
HBCDD	211	7,29	13,6	2,59	< LQ	97,6	Rhin - Clèves-Bimmen	0 %	Oui
PBDE	216	7,57	11,7	2,91	< LQ	81,5	Rhin - Clèves-Bimmen	97 %	Oui
HCB	216	4,60	8,73	1,71	< LQ	55,6	Rhin - Mannheim	6 %	Oui
Dicofol	29	< LQ	-	< LQ	< LQ	< LQ	-	0 %	Oui
HC + HCE	208	0,237	0,281	0,124	< LQ	1,50	Neckar, Mannheim	23 %	En partie

¹³ Conformément à la directive 2013/39/UE

¹⁴ En tant que TEQ de l'OMS

Les représentations graphiques sous forme de boîtes à moustaches des concentrations des substances et groupes de substances dans les différentes espèces de poissons se retrouvent dans les figures 31 à 38. La norme de qualité environnementale respective est tracée dans les graphiques sous forme de ligne rouge, dans la mesure où cette représentation est possible à l'échelle donnée. Toutes les données sont normalisées au taux de lipides ou de matières sèches, comme indiqué dans les légendes des figures, et converties au tissu d'échantillonnage concerné. Comme il est impossible, par manque de facteurs correspondants, de convertir entre filet et poisson entier dans le cas de l'hexachlorobutadiène ainsi que de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore, et comme le filet et le poisson entier affichent des fourchettes de valeurs similaires (voir chapitre 4.1.3), les données de filet et de poisson entier sont regroupées dans ces deux cas. Le nombre parfois limité d'échantillons exploitables par espèce de poisson empêche parfois la réalisation de boîtes à moustaches. On ajoute alors les valeurs moyennes sous forme de losanges. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

Les figures ci-après affichent une image contrastée des teneurs polluantes dans les différentes espèces de poissons. Les modèles varient en fonction des substances et des données disponibles. On relève comme élément commun le fait que les perches fluviatiles entrent dans la catégorie des trois espèces de poissons les plus contaminées, et ceci pour tous les polluants. Cette constatation est due d'une part à l'alimentation carnivore et au niveau trophique élevé des perches fluviatiles qui y est lié, et d'autre part au pourcentage élevé de perches fluviatiles dans le jeu total de données. Sous l'angle de la contamination, l'ordre des trois espèces de poissons les plus fréquemment échantillonnées est chevesne < gardon < perche fluviatile et il correspond à leur classement trophique dans la chaîne alimentaire (www-fishbase.de, Froese and Pauly (2024)).

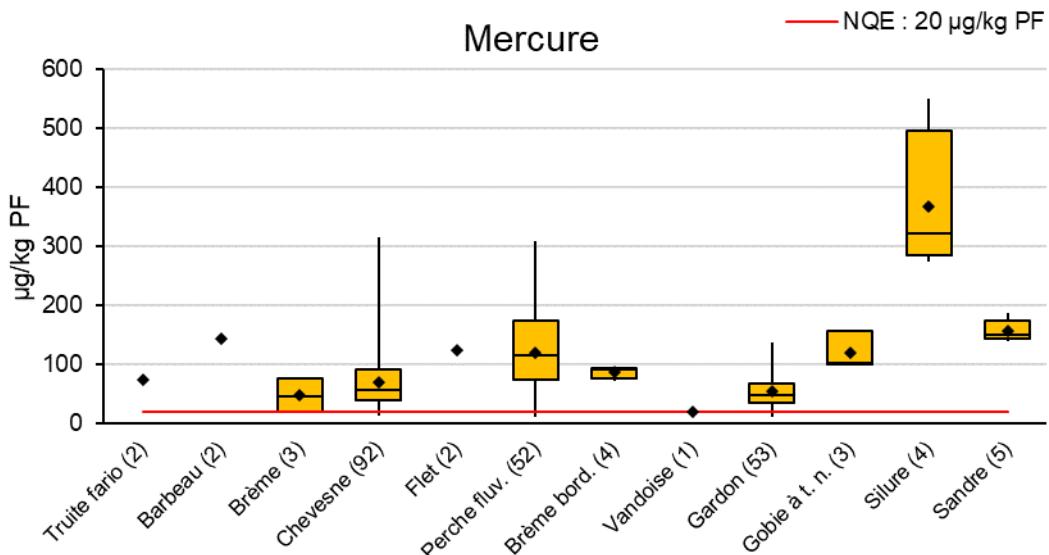


Figure 31 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 1 : mercure (normalisation au TMS ; y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

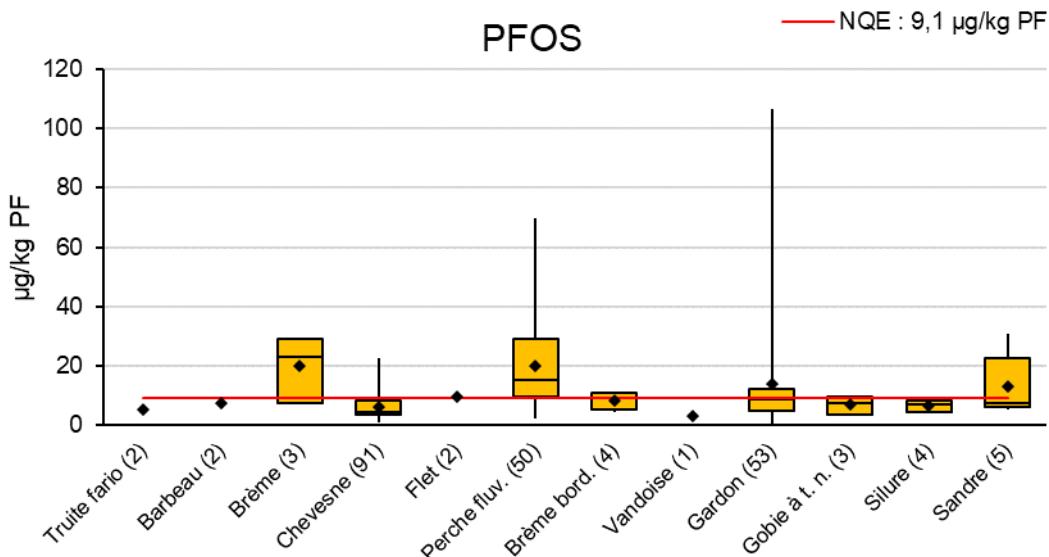


Figure 32 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 2 : PFOS (normalisation au TMS ; y compris TMS de substitution ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

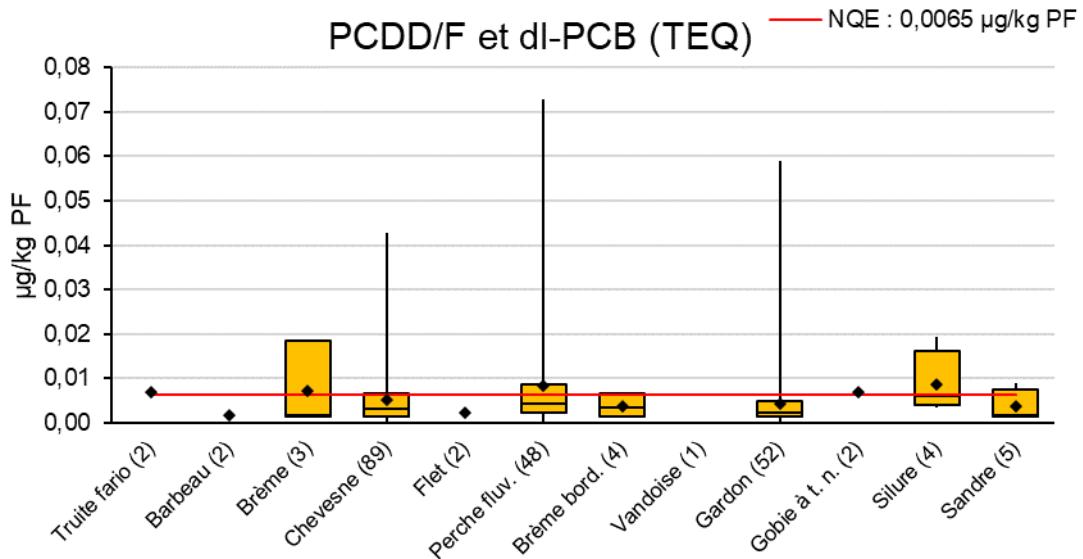


Figure 33 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

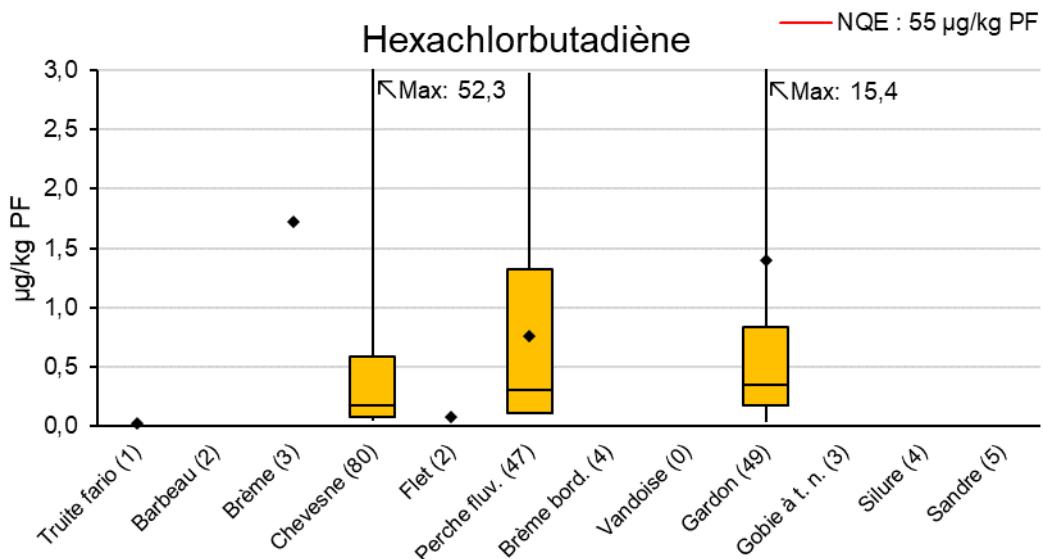


Figure 34 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 4 : hexachlorobutadiène (normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

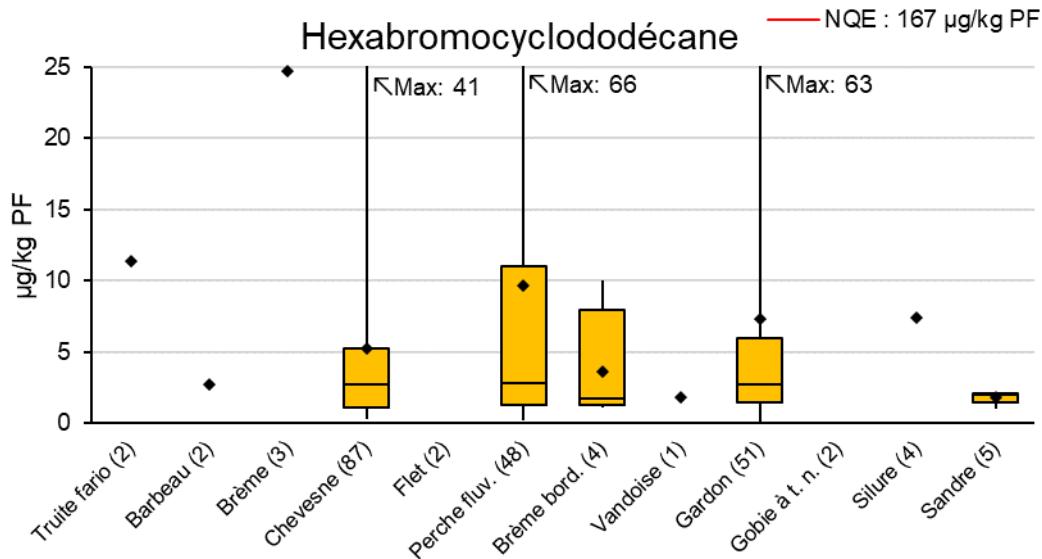


Figure 35 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 5 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

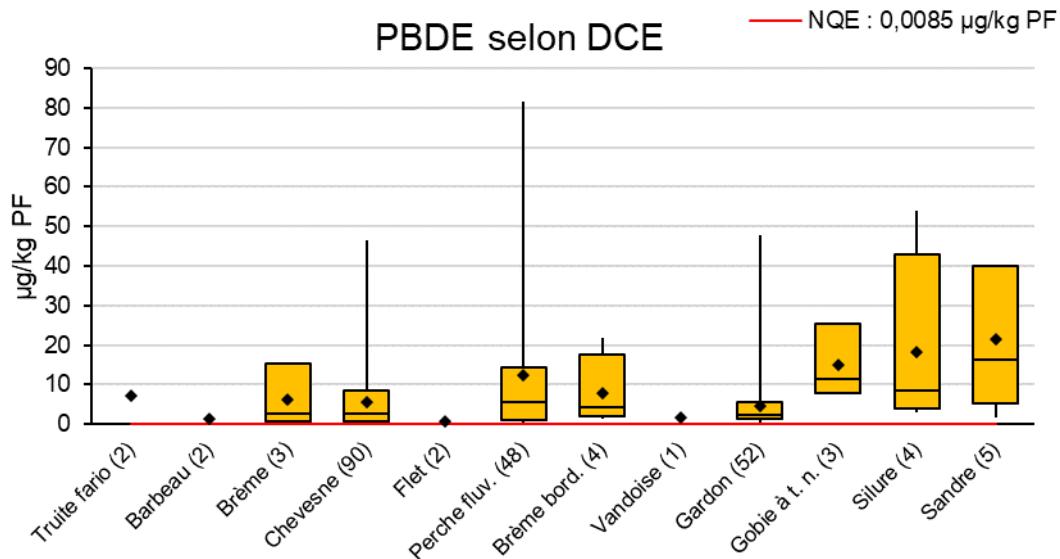


Figure 36 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 6 : PBDE selon la DCE (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

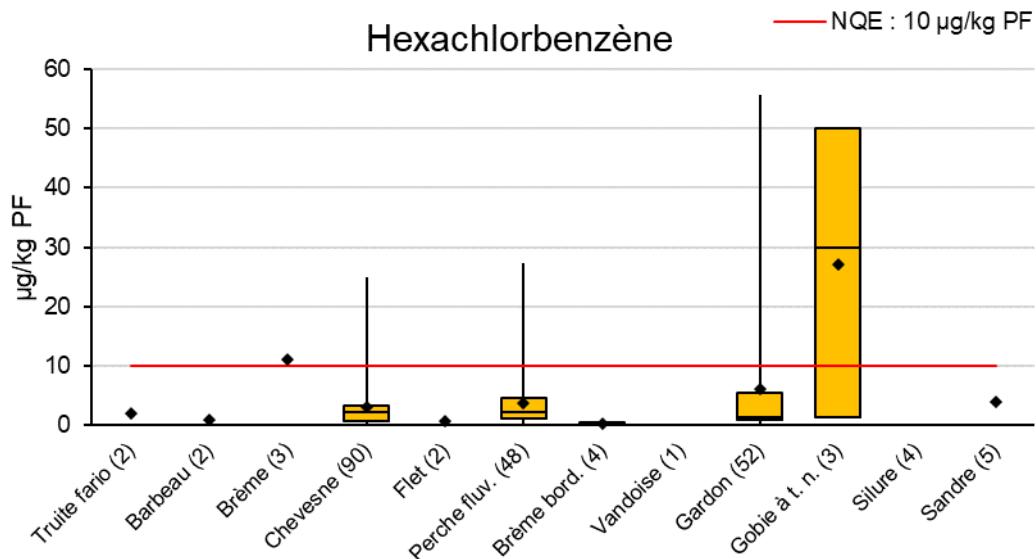


Figure 37 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 7 : hexachlorobenzène (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

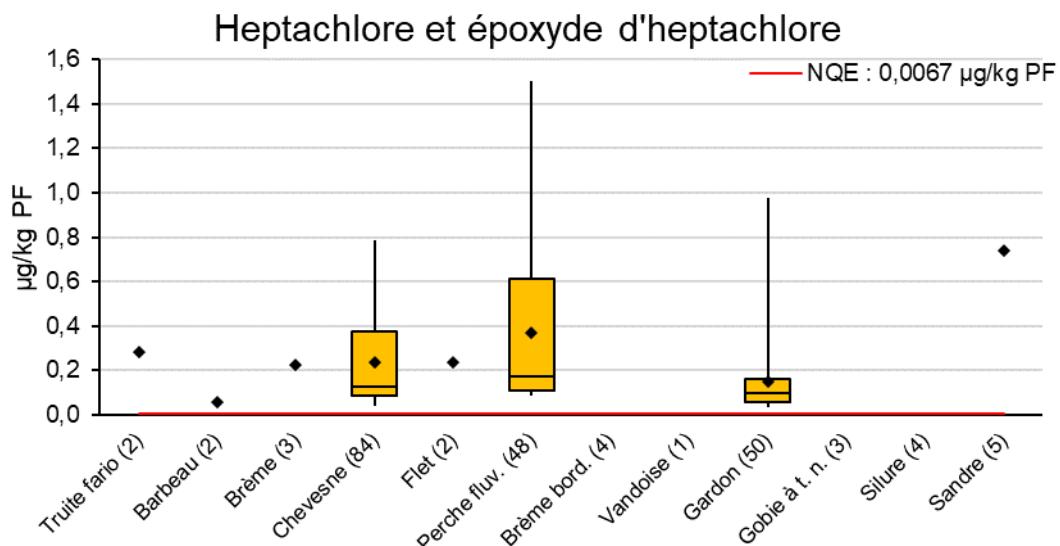


Figure 38 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 9 : Heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

4.1.6 Comparaison spatiale

Pour pouvoir comparer la distribution spatiale les teneurs de polluants le long du Rhin et de ses affluents, on calcule des valeurs moyennes pour chaque masse d'eau puis on reporte ces valeurs dans des graphiques. La distribution des données se fait sur trois périodes : de 2015 à 2016, de 2017 à 2019 et de 2020 à 2022. Pour autant que possible, toutes les données ont été converties au tissu pertinent pour le contrôle des NQE (filet ou poisson entier). Comme expliqué dans le chapitre 4.1.4, on constate parfois des différences statistiques significatives entre les contaminations polluantes des espèces de poissons omnivores et celles des carnivores. Pour cette raison, l'évaluation de la distribution spatiale se fait dans de tels cas sur la base des espèces omnivores. Le Tableau 17 ci-dessous indique sous forme d'aperçu général quelles données d'analyse sont exploitées pour quelle substance polluante et comment elles le sont.

L'examen de la comparaison spatiale est effectué d'une part pour les teneurs polluantes non normalisées (chapitre 4.1.6.1) et d'autre part, de manière distincte, pour les teneurs normalisées (chapitre 4.1.6.2). La normalisation des teneurs polluantes respectives s'est rapportée, en fonction des propriétés des substances, au taux de lipides ou de matières sèches (voir Tableau 17).

Tableau 17 : Aperçu des tissus et des espèces de poissons en fonction du niveau trophique (omnivores et carnivores) utilisés pour l'évaluation dans l'espace et type de normalisation par (groupe de) substance(s).

(Groupe de substance(s)	Tissu d'échantillonnage	Niveau trophique	Normalisation
Mercure	Poisson entier (y compris filet après conversion)	Omnivores	Matières sèches
PFOS	Filet (y compris poisson entier après conversion)	Omnivores	Matières sèches
PCDD/F+PCB		Omnivores + carnivores	Lipides
type dioxine	Filet (y compris poisson entier après conversion)		
HCBD	Filet et poisson entier regroupés	Omnivores + carnivores	Lipides
HBCDD	Poisson entier (y compris filet après conversion)	Omnivores + carnivores	Lipides
PBDE	Filet (y compris poisson entier après conversion)	Omnivores	Lipides
Hexachlorobenzène		Omnivores + carnivores	Lipides
e	Filet (y compris poisson entier après conversion)		
Dicofol	-	-	Lipides
HC+HCE :	Filet et poisson entier regroupés	Omnivores + carnivores	Lipides

La partie supérieure des figures 41 à 58 montre la pression de chaque polluant sur le cours du Rhin, du Neckar et de la Moselle. À titre complémentaire, la partie inférieure de chaque graphique montre la pression de ce polluant le long de la Sarre, de la Lahn, de la Sûre, de la Meurthe et d'autres affluents (Alzette, Blies, Kinzig, Lippe, Main, Ruhr, Schwarzbach,

Weschnitz, Wupper ; par ordre alphabétique), pour lesquels on ne dispose que d'une seule masse d'eau dans chaque cours d'eau. En outre, les données ont été évaluées de manière séparée sur les trois périodes susmentionnées pour faciliter l'observation des tendances dans le temps pour chaque masse d'eau dans les graphiques des pressions polluantes. Toutefois, en raison du faible nombre d'intervalles dans le temps, ces observations de tendances ne se réfèrent pas à des méthodes fondées sur des statistiques mais à une évaluation à vue des trois périodes.

4.1.6.1 Teneurs non normalisées de polluants

On trouvera la représentation graphique des pressions non normalisées des différents polluants dans les Figure 39 à Figure 46. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

Il n'est cependant pas partout possible de remplir complètement les graphiques. Ceci vient d'une part du fait qu'on ne dispose pas de données d'analyse d'une substance ou d'un groupe de substances pour chaque masse d'eau et chaque période, et d'autre part de la nécessité d'écartier certaines données, par exemple quand on ne dispose que de données sur des espèces carnivores pour des substances qui ne peuvent être évaluées que pour des poissons omnivores (cf. Tableau 17 et chapitre 4.1.4).

On constate en moyenne dans tous les cours d'eau présentés dans la Figure 39, à l'exception de quelques masses d'eau, un dépassement de la norme de qualité environnementale du mercure (20 µg/kg PF). Les contaminations les plus élevées sont identifiées dans la Moselle à Tonnoy et à Liverdun, de même que dans le Nieuwe Waterweg et dans la Wupper.

Pour le PFOS (NQE : 9,1 µg/kg PF), les deux teneurs de loin les plus élevées sont identifiées dans le Rhin à hauteur de Karlsruhe et de Mannheim sur la période 2020-2022. On relève que les teneurs étaient nettement plus basses au cours de la période précédente 2017-2019. La masse d'eau suivante vers l'aval, celle de Petersau, affiche également des teneurs particulièrement élevées sur la période 2015-2016 considérée.

Selon les périodes, les pressions moyennes de dioxine et de composés de type dioxine les plus élevées, sont constatées dans la Wupper à Opladen et dans le Rhin (St. Goar et Bad Honnef). On relève ici que les valeurs moyennes les plus élevées proviennent de la période 2015-2016. Là où des comparaisons étaient possibles avec des périodes de prélèvement ultérieures, les teneurs sont généralement sensiblement plus basses. Toutes les teneurs non

normalisées de dioxines et de composés de type dioxine sont inférieures à la norme de qualité environnementale de 0,0065 µg/kg PF.

Dans le cas de l'hexachlorobutadiène, les données disponibles sont plutôt restreintes, comme le montre la Figure 42. La teneur dans la Lippe à Wesel sur la période 2015-2016 est particulièrement frappante. Avec une moyenne de 11,5 µg/kg PF, elle reste cependant inférieure à la norme de qualité environnementale de 55 µg/kg PF. Dans la même masse d'eau, la teneur est sensiblement plus basse sur la période 2020-2022.

Les teneurs d'hexabromocyclododécane sont toutes nettement inférieures à la norme de qualité environnementale de 167 µg/kg PF. Les teneurs les plus élevées sont identifiées dans la Sarre à Grosbliederstroff/Güdingen à la frontière franco-allemande (2015-2016), dans le Rhin à St. Goar (2015-2016), de même que dans la Wupper à Opladen (2015-2016). Les prélèvements ultérieurs dans les mêmes masses d'eau affichent des valeurs décroissantes au fil du temps.

La norme de qualité environnementale (0,0085 µg/kg PF) des six PBDE pertinents pour la directive cadre Eau est dépassée en moyenne dans presque toutes les masses d'eau et sur presque toutes les périodes de prélèvement. Les teneurs les plus hautes proviennent de la Lippe à Wesel, de la Moselle à Millery-Vandières et de la Sarre avec plusieurs masses d'eau. Ici encore, les teneurs maximales sont identifiées pendant la période 2015-2016, ce qui permet de relever une tendance fondamentalement à la baisse au fil du temps.

Comme le montre la Figure 45, les teneurs les plus élevées d'hexachlorobenzène sont détectées pour la plupart dans le Rhin même. La norme de qualité environnementale de 10 µg/kg PF n'est dépassée dans aucune des masses d'eau pour les teneurs non normalisées d'hexachlorobenzène.

La représentation graphique de la distribution spatiale de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore (Figure 46) montre un degré apparemment élevé de dépassements de la norme de qualité environnementale, en particulier dans le Rhin, la Moselle, la Sûre, la Lippe, la Ruhr et la Wupper. Il convient de rappeler ici à titre complémentaire que les données sur l'heptachlore et sur l'époxyde d'heptachlore sont en grande partie inférieures aux limites spécifiques des laboratoires, mais qu'elles dépassent cependant fréquemment la norme de qualité environnementale de 0,0067 µg/kg PF. Pour cette raison déjà décrite au chapitre 4.1.5, il est difficile d'estimer si la norme de qualité environnementale est contrôlable, étant donné que des dépassements potentiels de cette norme risquent de ne pas être vus. Les teneurs les plus élevées sont déterminées dans le Rhin (masses d'eau néerlandaises) ainsi que dans la Moselle à Millery-Vandières.

Pour les données non normalisées sur les poissons, les Figure 68 à Figure 85 en annexe présentent la distribution spatiale sous forme de cartes des pressions.

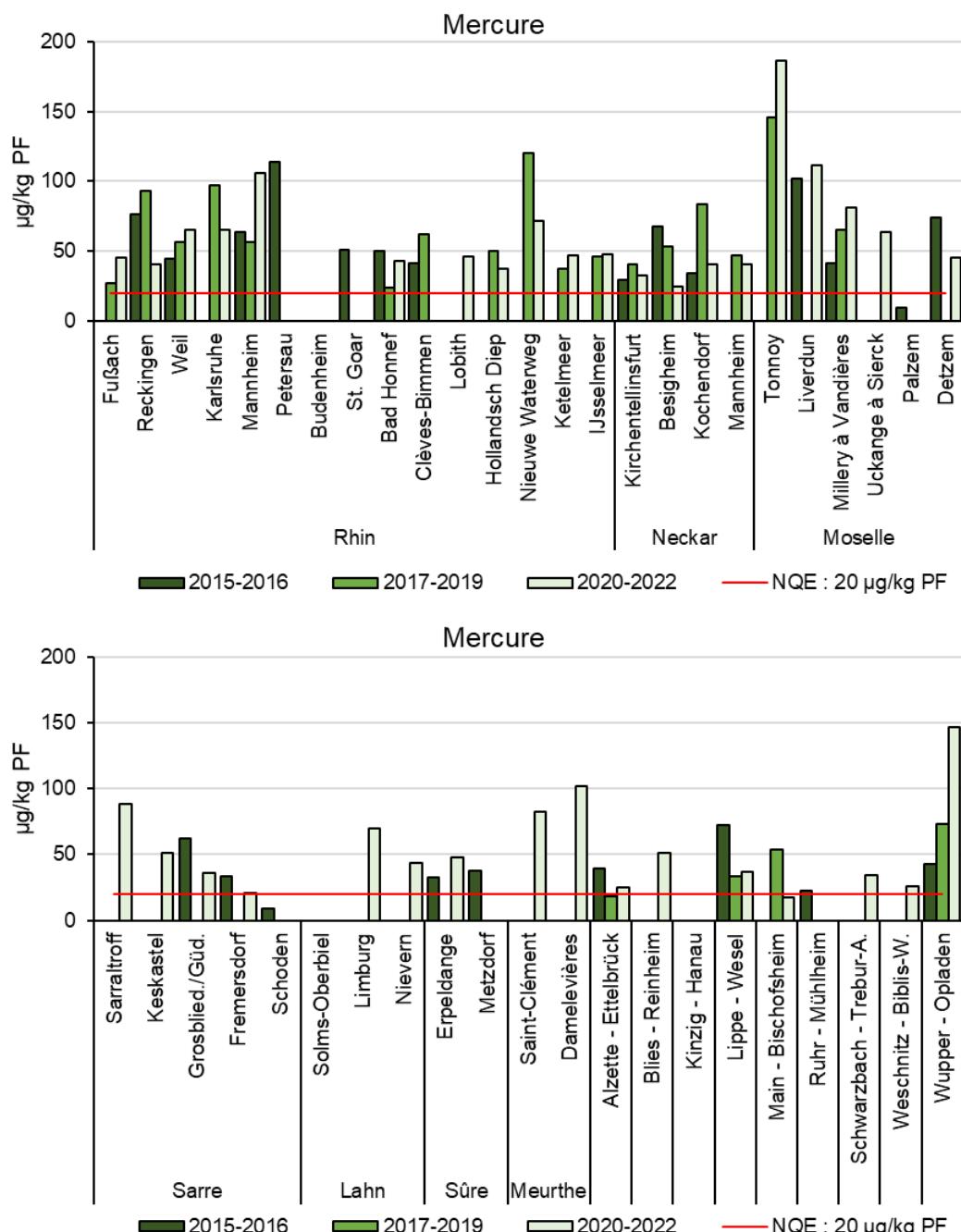


Figure 39 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Mercure (sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores).

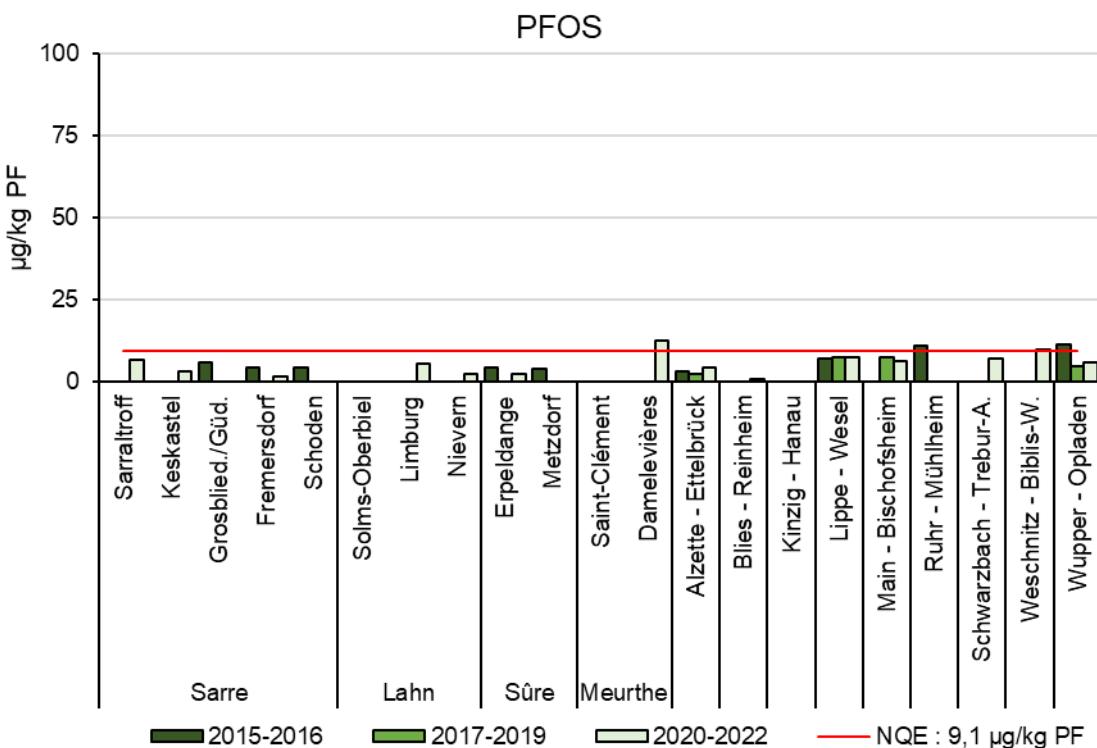
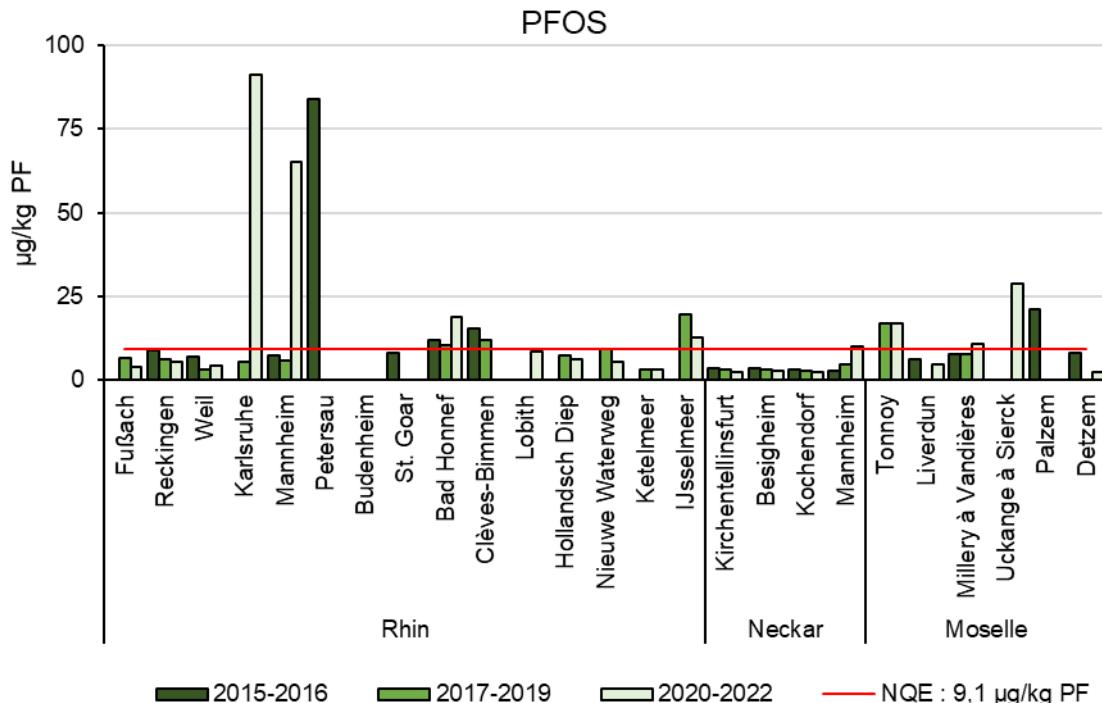


Figure 40 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : PFOS (sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores).

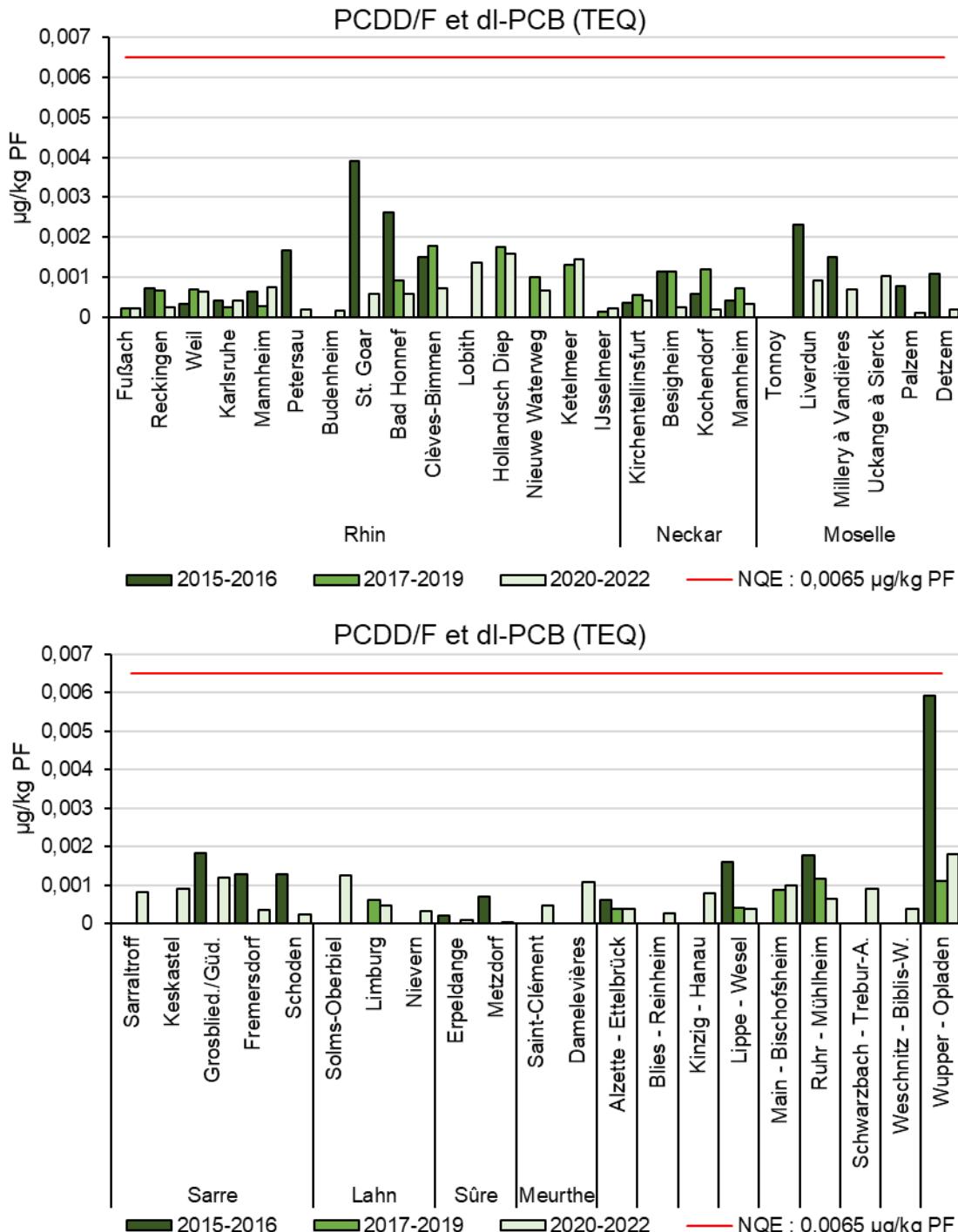


Figure 41 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation, conversion au filet, omnivores et carnivores).

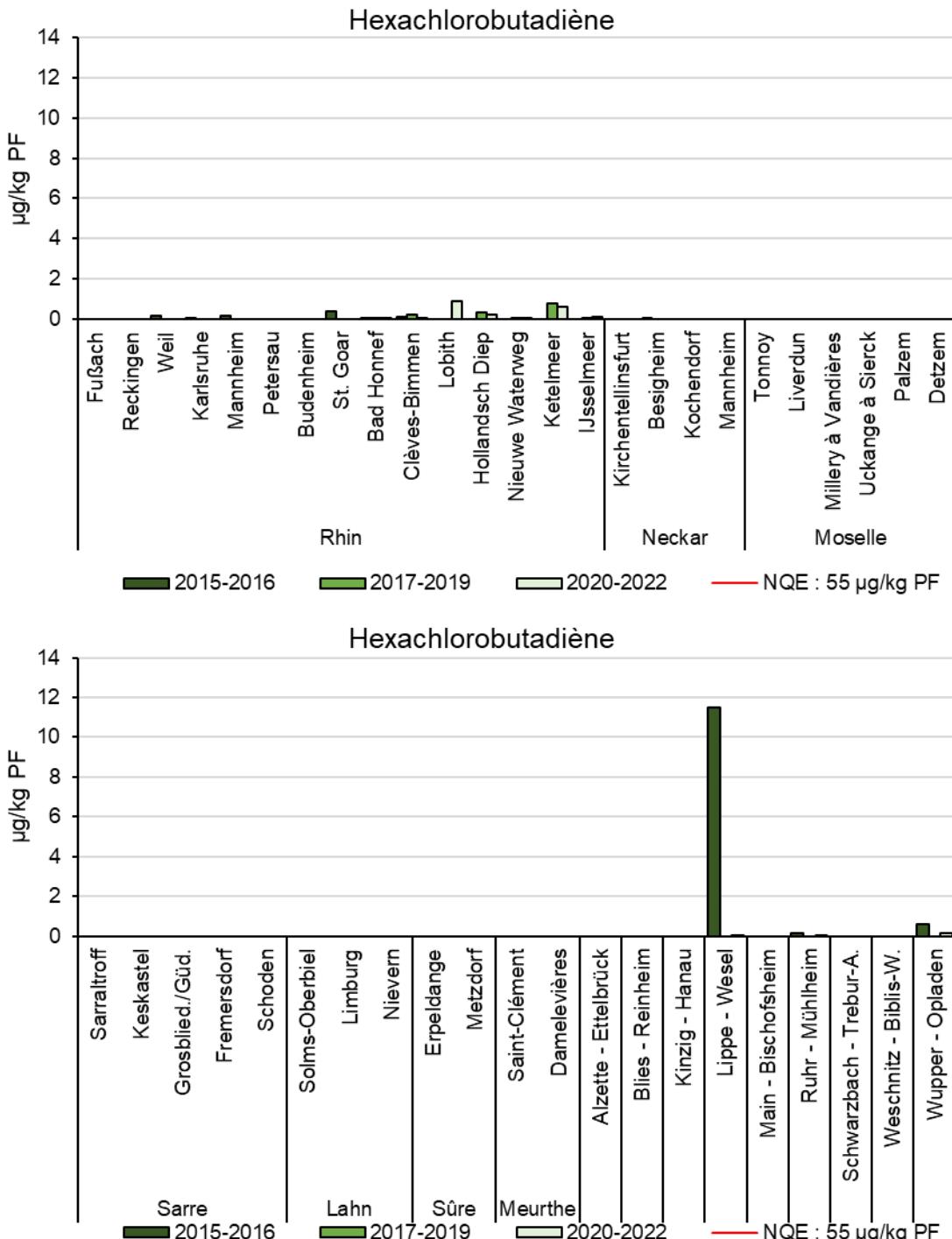


Figure 42 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 4 : Hexachlorobutadiène (sans normalisation, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).

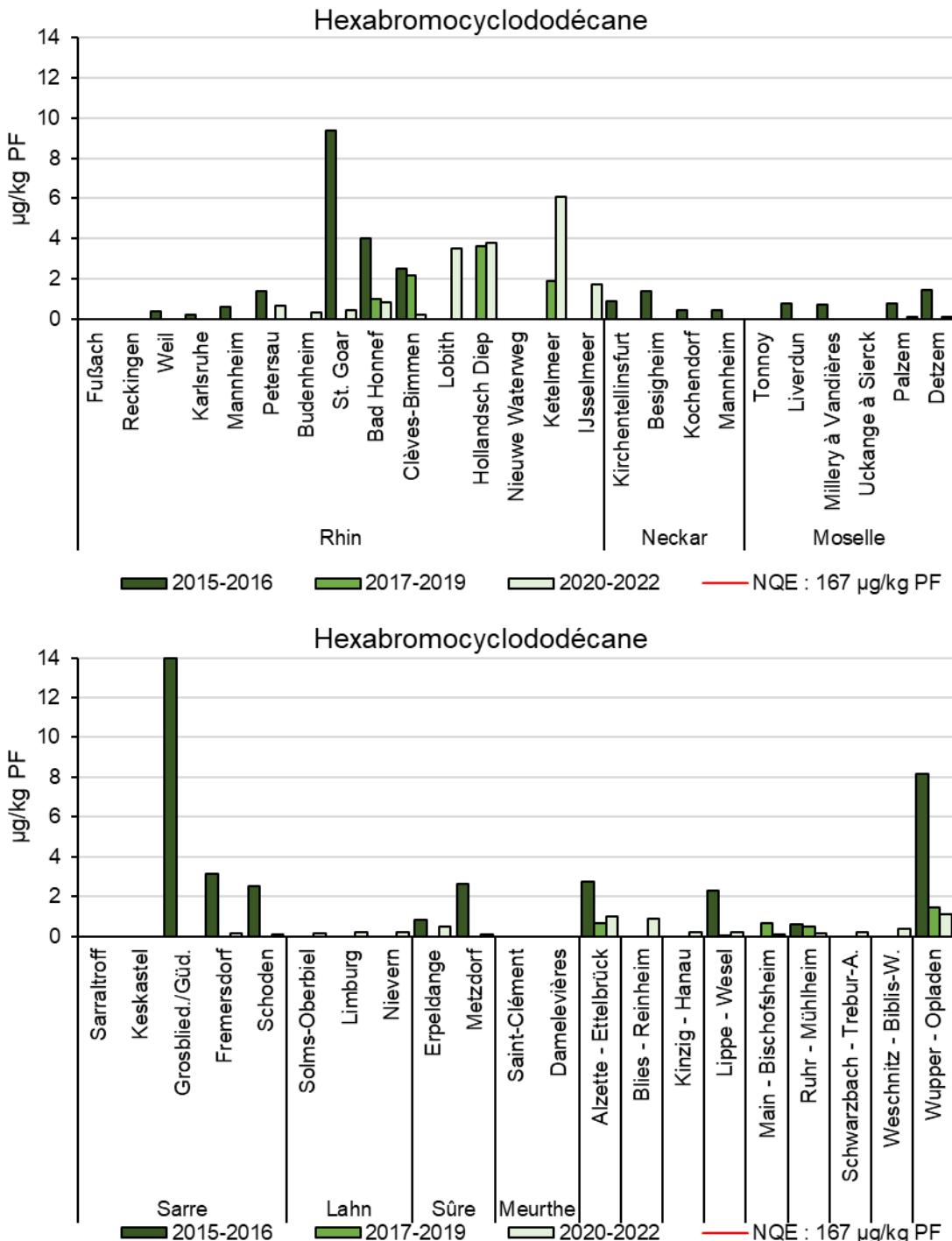


Figure 43 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 5 : Hexabromocyclododécane (sans normalisation ; conversion au poisson entier, omnivores et carnivores).

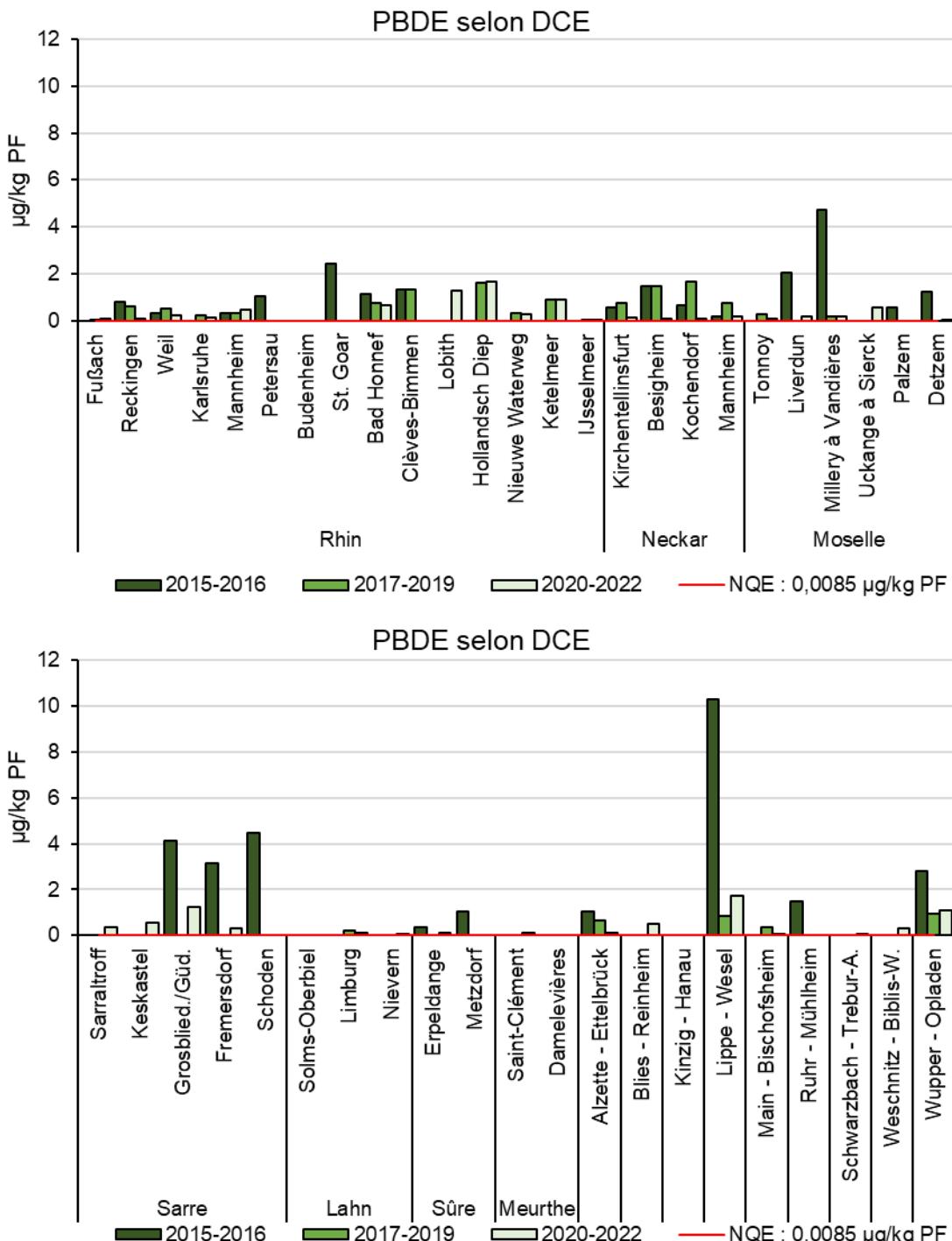


Figure 44 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 6 : PBDE selon la DCE (sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores).

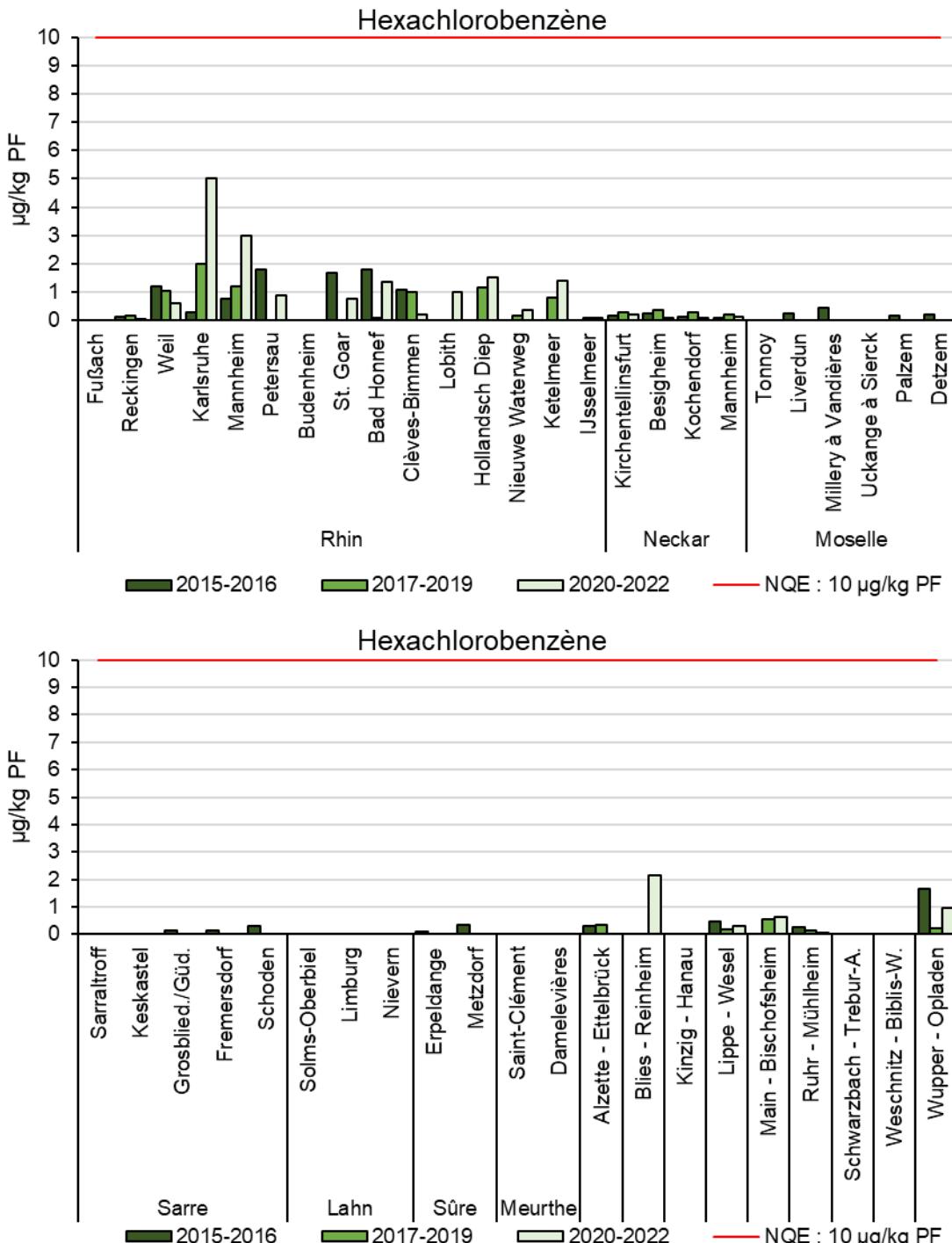


Figure 45 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 7 : Hexachlorobenzène (sans normalisation, conversion au filet, omnivores et carnivores).

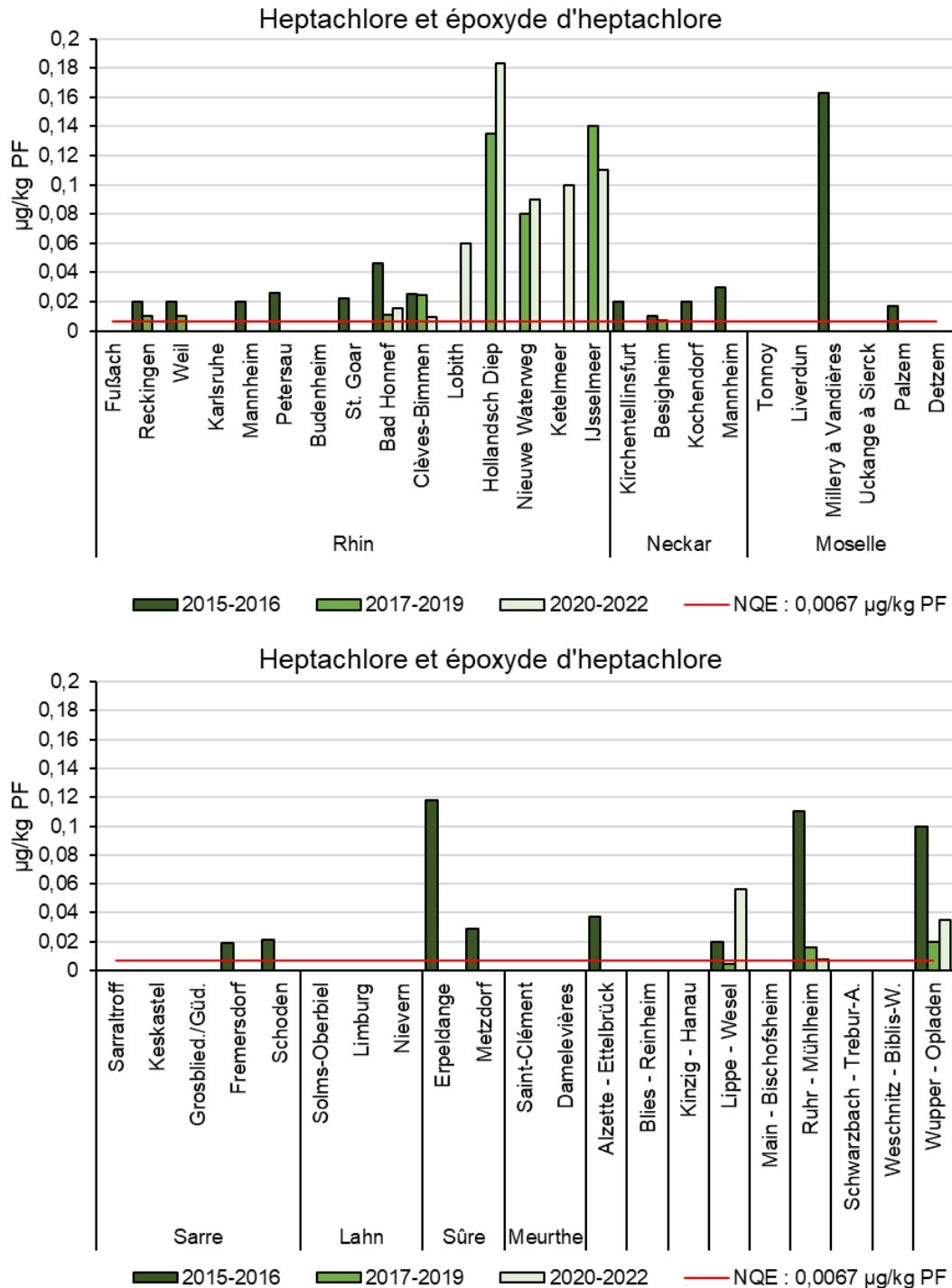


Figure 46 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 9 : Heptachlore et époxyde d'heptachlore (sans normalisation, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).

4.1.6.2 Teneurs normalisées de polluants

On trouvera la représentation graphique des pressions normalisées des différents polluants dans les Figure 47 à Figure 54. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

Il n'est cependant pas partout possible de remplir complètement les graphiques. Ceci vient d'une part du fait qu'on ne dispose pas de données d'analyse d'une substance ou d'un groupe de substances pour chaque masse d'eau et chaque période, et d'autre part de la nécessité d'écartier certaines données, par exemple quand une normalisation est impossible par manque de données sur le taux de matières sèches ou de lipides ou quand on ne dispose que de données sur des espèces carnivores pour des substances qui ne peuvent être évaluées que pour des poissons omnivores (cf. Tableau 17 et chapitre 4.1.4). Quand le taux de matières sèches n'était pas disponible, un taux de matières sèches de substitution correspondant a été utilisé pour le filet ou le poisson entier, ce qui a permis de contourner ce problème.

On constate en moyenne dans tous les cours d'eau présentés dans la Figure 47, à quelques exceptions près, un dépassement de la norme de qualité environnementale du mercure (20 µg/kg PF). Les contaminations les plus élevées sont identifiées dans la Moselle à Tonnoy et à Liverdun, de même que dans diverses masses d'eau du Rhin. Il n'est pas observé d'évolution uniforme des pressions de mercure au fil du temps entre les trois périodes de temps.

Le remplacement des données manquantes sur le taux de matières sèches par des valeurs de substitution fait augmenter, dans le cas du PFOS également (NQE 9,1 µg/kg PF), le nombre de données représentables sous forme graphique (cf. Figure 48). Les teneurs de loin les plus élevées sont identifiées dans le Rhin à hauteur de Karlsruhe et de Mannheim sur la période 2020-2022 et de Petersau sur la période 2015-2016. Les échantillons affichant une contamination particulièrement élevée viennent de gardons dont les taux de matières sèches ne sont pas anormaux (22,2 % et 21,4 %), ce qui fait que l'écart entre les deux échantillons et le jeu de données restant ne s'explique pas par les métadonnées.

La base de données des dioxines et des composés de type dioxine est nettement plus dense, ce qui est dû en premier lieu au degré d'exhaustivité des taux de lipides utilisés pour la normalisation. Selon les périodes, les contaminations moyennes les plus élevées sont signalées dans le Rhin à Clèves-Bimmen, dans la Ruhr à Mühlheim, dans la Lahn à Limburg et dans la Wupper à Opladen. On relève ici que ces quatre valeurs moyennes les plus élevées proviennent de la période 2017-2019. Là où il a été possible de comparer avec

d'autres périodes de prélèvement, les teneurs de 2020-2022 sont certes nettement inférieures, mais elles restent également à un niveau élevé et dépassent souvent la norme de qualité environnementale de 0,0065 µg/kg PF.

Dans le cas de l'hexachlorobutadiène, les données disponibles sont plutôt restreintes, comme le montre la Figure 50. La teneur dans la Lippe à Wesel sur la période 2015-2016 est particulièrement frappante. Avec une moyenne de 52,3 µg/kg PF, elle reste cependant légèrement inférieure à la norme de qualité environnementale de 55 µg/kg PF. Dans la même masse d'eau, la teneur est sensiblement plus basse sur la période 2020-2022.

Les teneurs d'hexabromocyclododécane sont toutes nettement inférieures à la norme de qualité environnementale de 167 µg/kg PF. Les teneurs les plus élevées sont détectées dans le Rhin à Clèves-Bimmen (2017-2019) et à St. Goar (2015-2016), de même que dans la Wupper à Opladen (2017-2019).

La norme de qualité environnementale (0,0085 µg/kg PF) des six PBDE pertinents pour la directive cadre Eau est dépassée en moyenne dans presque toutes les masses d'eau et sur presque toutes les périodes de prélèvement. Là encore, c'est dans le Rhin à Clèves-Bimmen (2017-2019) que sont signalées les teneurs les plus élevées. Les fortes concentrations identifiées dans la Lippe à Wesel et dans la Wupper à Opladen sont également à souligner. Une tendance à la baisse est observée dans la Lippe à Wesel sur l'ensemble des trois périodes considérées. Dans la plupart des masses d'eau, les valeurs mesurées individuelles les plus hautes sont constatées dans les deux premières périodes, alors que les teneurs relevées sur la période 2020-2022 sont le plus souvent les plus basses.

Comme le montre la Figure 53, les teneurs les plus élevées d'hexachlorobenzène sont toutes détectées dans le Rhin même. Mais la norme de qualité environnementale de 10 µg/kg PF n'est dépassée en moyenne que dans les masses d'eau du Rhin de Weil (2015-2016), Karlsruhe (2017-2019 et 2020-2022), Mannheim (2017-2019 et 2020-2022) et Clèves-Bimmen (2017-2019). Là où des comparaisons sont possibles sur les trois périodes, les concentrations relevées dans la période la plus récente (2020-2022) sont généralement plus basses que celles de la période précédente (2017-2019).

La représentation graphique de la distribution spatiale de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore (Figure 54) montre un degré apparemment élevé de dépassements de la norme de qualité environnementale, en particulier dans le Rhin, le Neckar, la Lippe, la Ruhr et la Wupper. Il convient de rappeler ici à titre complémentaire que les données sur l'heptachlore et sur l'époxyde d'heptachlore sont en grande partie inférieures aux limites spécifiques des laboratoires, mais qu'elles dépassent cependant fréquemment la norme de qualité environnementale de 0,0067 µg/kg PF. Pour cette raison déjà décrite au chapitre

4.1.5, il est difficile d'estimer si la norme de qualité environnementale est contrôlable, étant donné que des dépassements potentiels de cette norme risquent de ne pas être vus. Les teneurs les plus élevées sont détectées dans le Neckar à Mannheim et à Kochendorf (période 2015-2016 dans ces deux cas), dans le Rhin à Clèves-Bimmen (2017-2019), ainsi que dans la Lippe, la Ruhr et la Wupper.

Pour les données sur les poissons, les Figure 92 à Figure 109 en annexe présentent la distribution spatiale sous forme de cartes des pressions.

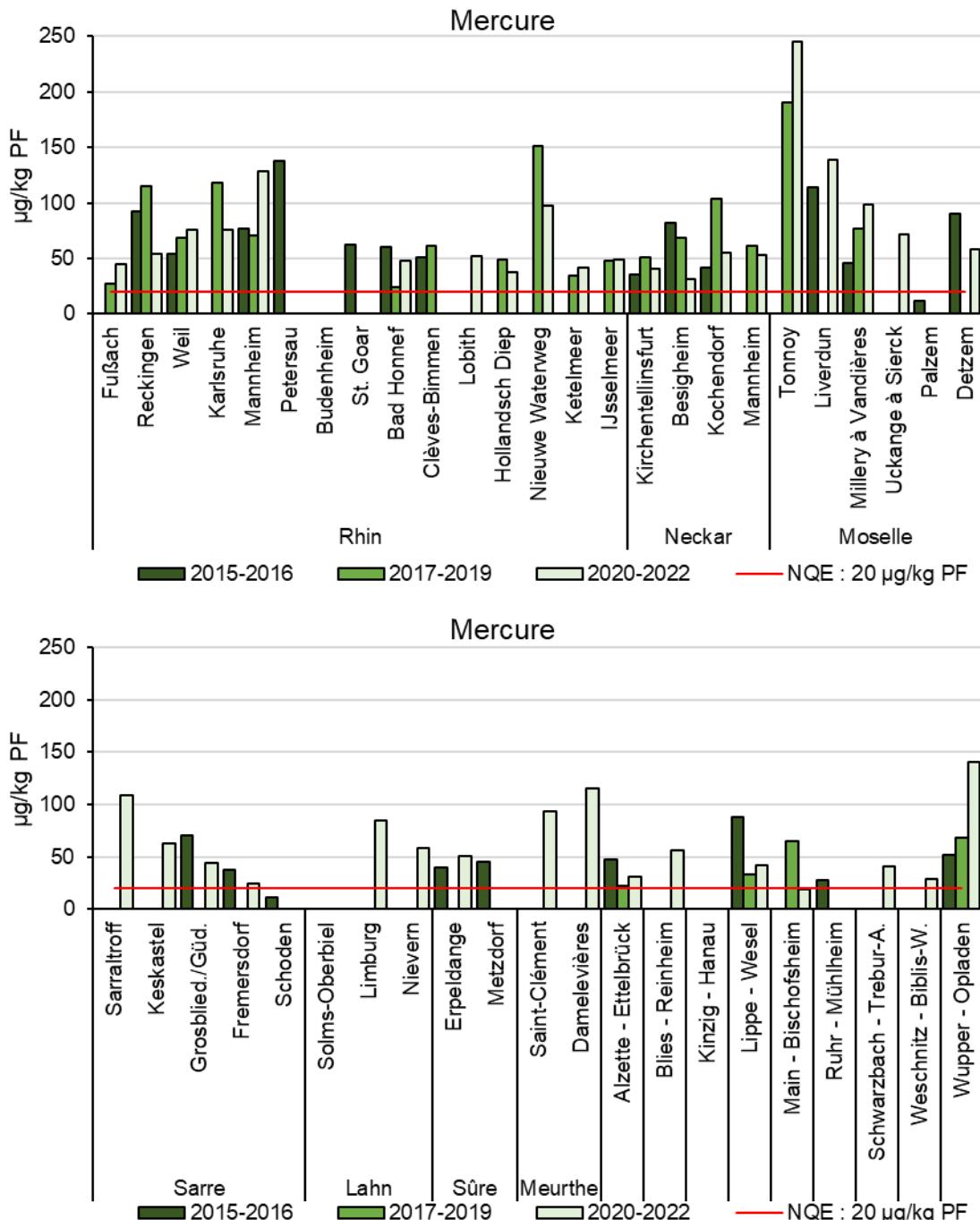


Figure 47 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Mercure (normalisation au TMS, y compris TMS de substitution, conversion au poisson entier, uniquement omnivores).

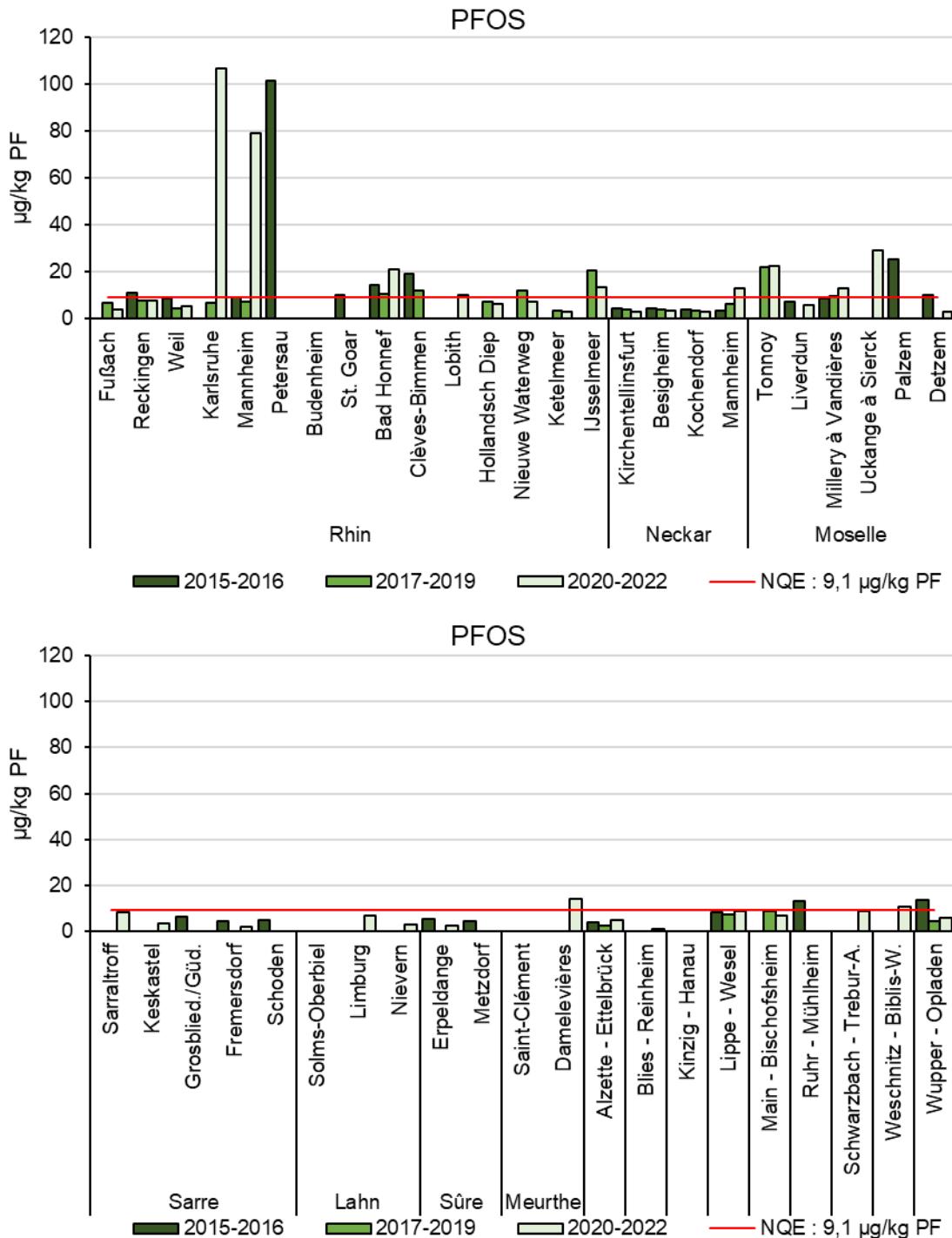


Figure 48 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : PFOS (normalisation au TMS, y compris TMS de substitution, conversion au filet, uniquement omnivores).

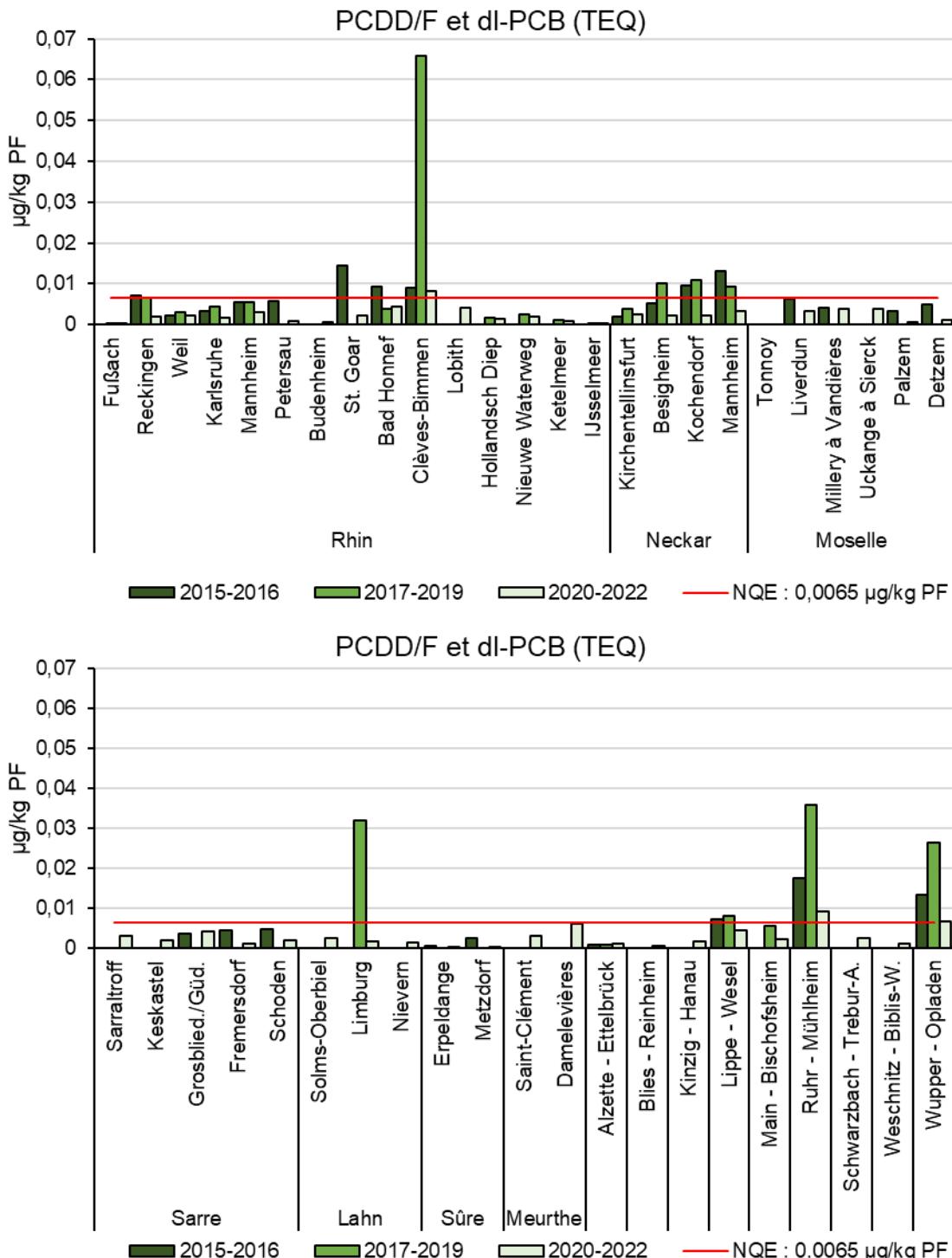


Figure 49 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL, conversion au filet, omnivores et carnivores).

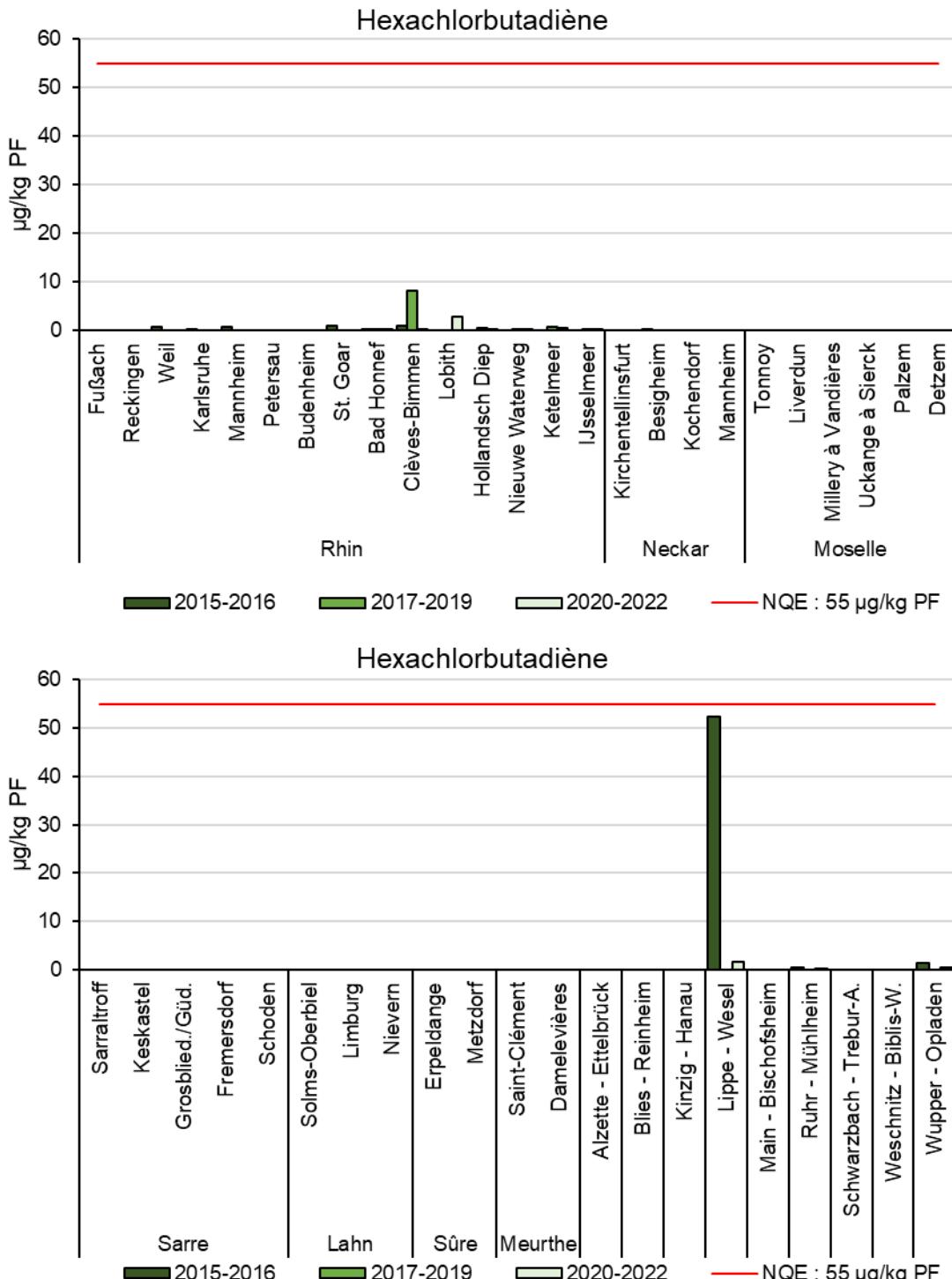


Figure 50 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 4 : hexachlorobutadiène (normalisation au TL, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).

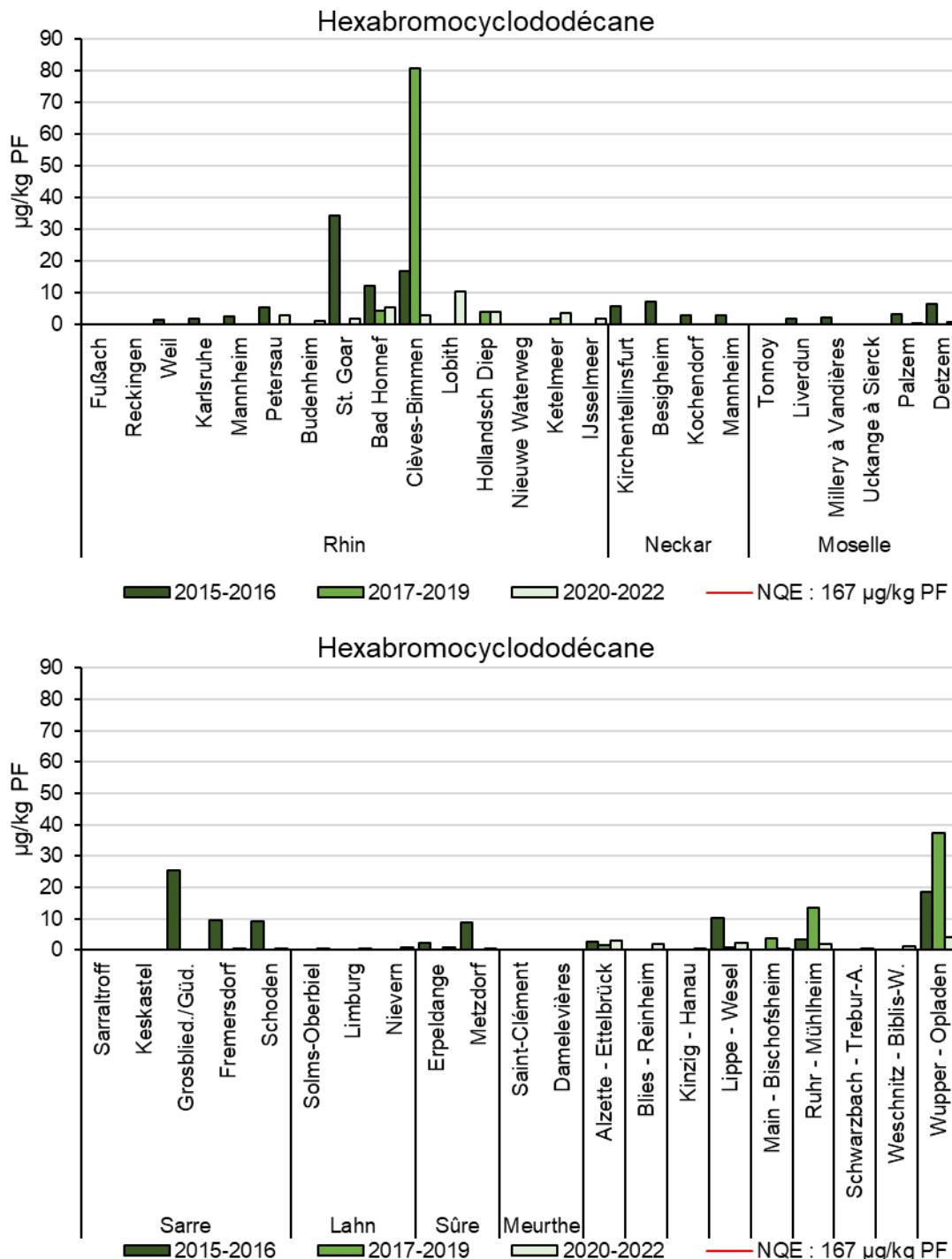


Figure 51 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 5 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL ; conversion au poisson entier, omnivores et carnivores).

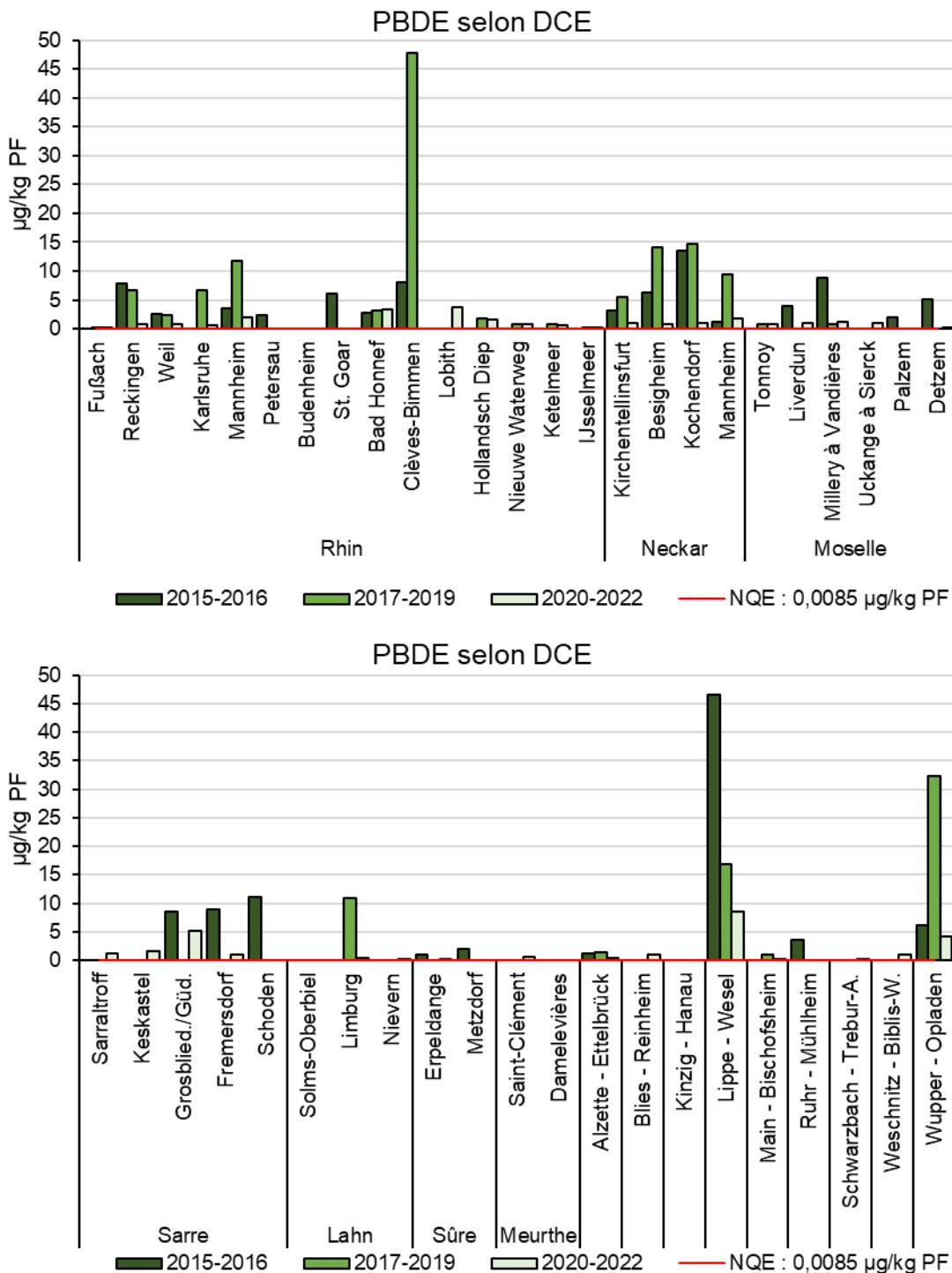


Figure 52 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 6 : PBDE selon la DCE (normalisation au TL, conversion au filet, uniquement omnivores).

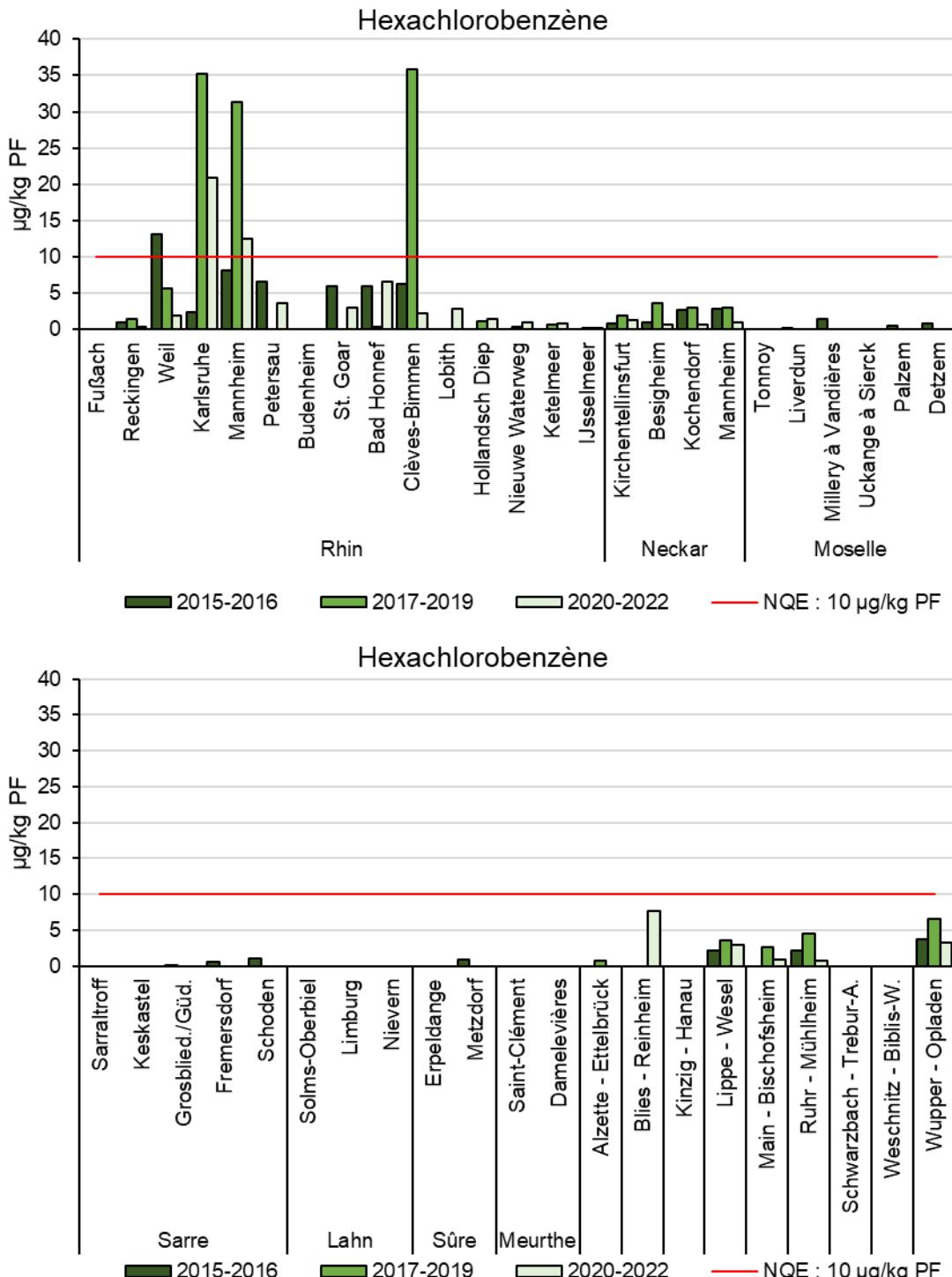


Figure 53 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 7 : hexachlorobenzène (normalisation au TL, conversion au filet, omnivores et carnivores).

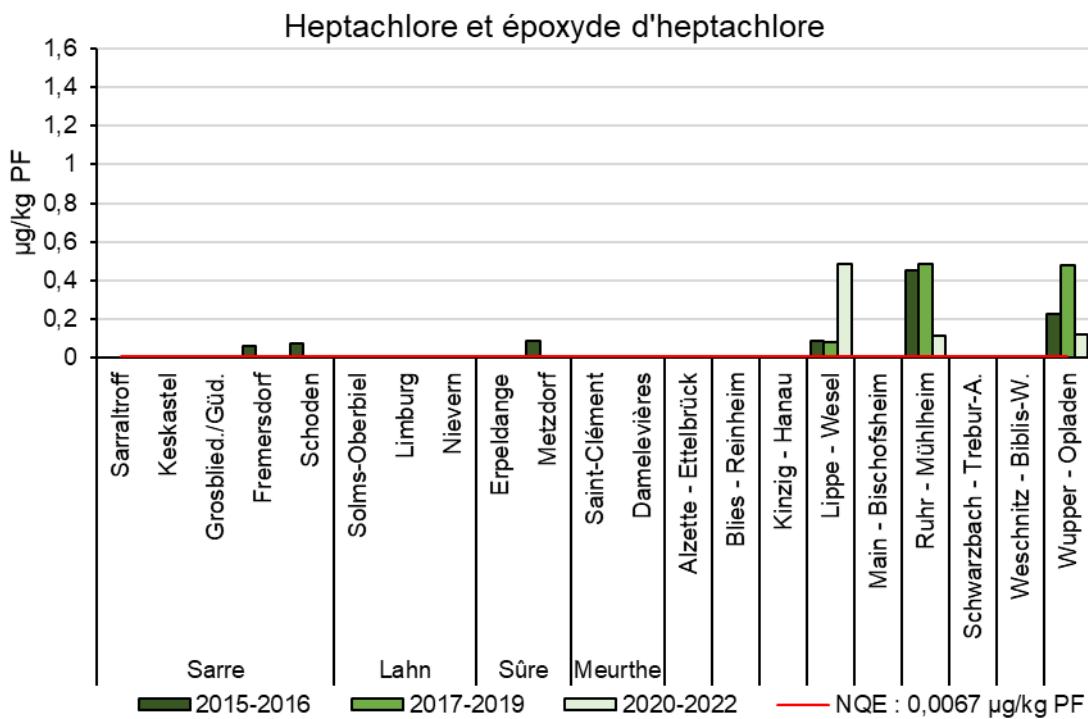
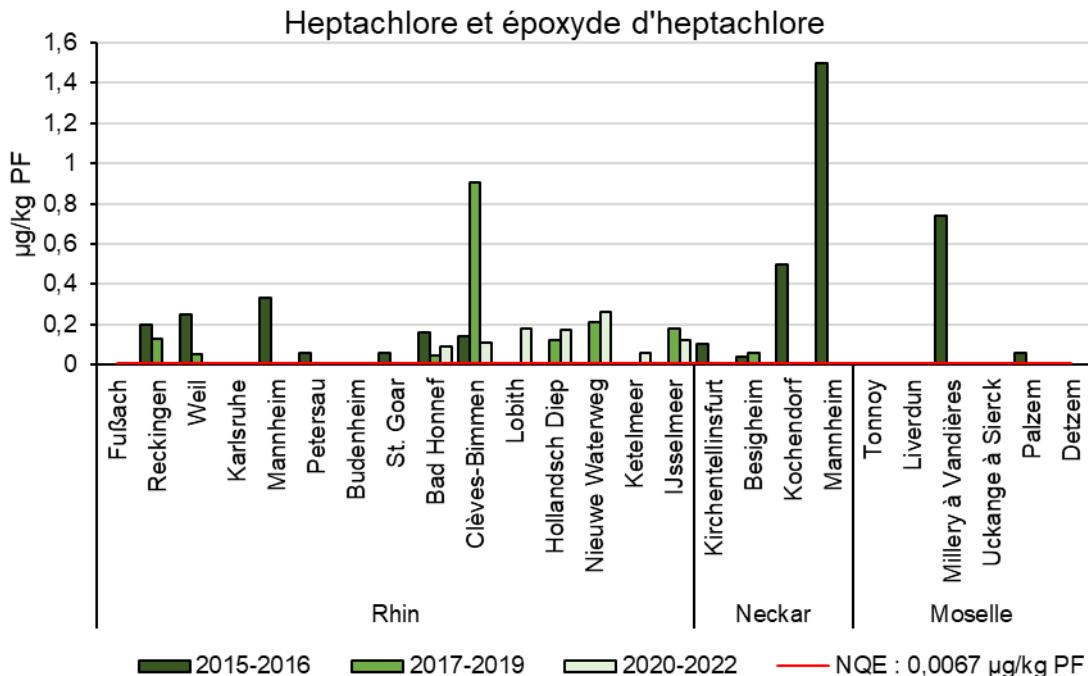


Figure 54 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 9 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).

4.2 Échantillons de coquillages

4.2.1 Description du jeu de données

Le jeu de données des coquillages rassemble au total 121 échantillons de coquillages sur lesquels ont été rapportés des résultats d'analyse. Après regroupement des sites de prélèvement au sein d'une même masse d'eau, on obtient au total 33 masses d'eau provenant de 10 cours d'eau du bassin du Rhin (y compris le Rhin même). Le Tableau 18 donne un aperçu du jeu de données des échantillons de coquillages.

Tous ces échantillons sont composés de corps mou. Il s'agit dans 95 % des cas d'échantillons composites. Cette indication manque pour les six échantillons restants. On peut néanmoins supposer, du fait de la masse restreinte de coquillages individuels, qu'il s'agit ici aussi d'échantillons composites.

Le groupe complet d'échantillons porte sur la période allant de 2015 à 2023, contrairement au titre du projet (2015 à 2022), car quelques jeux de données proviennent de 2023. En accord avec la CIPR, les données de 2023 ont été intégrées dans l'évaluation. Les échantillons proviennent pour la plupart de 2021 (N = 38) et 2022 (N = 30), de sorte que ces deux années sont surreprésentées et constituent au total plus de la moitié (56 %) de tous les échantillons du jeu de données s'étendant sur neuf ans.

Le taux de lipides est indiqué dans 85 % du groupe d'échantillons. Des données sur les taux de matières sèches ont été reportées pour 77 % des échantillons du set. On dispose certes de mentions de tailles pour 95 % des échantillons de coquillages, mais ils ne sont exploitables que dans env. 15 % des échantillons, car des classes de tailles hétérogènes (par ex. « 2,5 - < 2,9 », « 2,5 - < 3,0 », « 2,4 - 2,6 » ou « 2,7 - 4,0 ») ou des valeurs minimales (par ex. « > 2 ») sont souvent indiquées à la place de valeurs moyennes concrètes. Des mentions de poids sont également mentionnées pour un grand nombre (85 %) d'échantillons de coquillages, mais les indications sont ici très hétérogènes. Alors que le poids moyen d'un spécimen individuel (ou de son corps mou) est indiqué dans quelques échantillons composites (valeurs en partie inférieures à un gramme), des poids totaux ont apparemment été communiqués dans d'autres échantillons pour tous les corps mous mis en commun (valeurs parfois dans un ordre de grandeur de plusieurs centaines de grammes). Dans ce dernier cas, le nombre de coquillages individuels au sein d'un échantillon composite est parfois indiqué, mais cette mention fait cependant défaut dans de nombreux échantillons. C'est la raison pour laquelle une très grande part des indications de poids des coquillages n'est pas évaluable. À l'opposé des poissons, on ne dispose pas d'informations sur l'âge des coquillages.

Tableau 18 : Tableau synoptique des jeux de données évalués des échantillons de coquillages.

Groupe de paramètres	Paramètre	Nombre	Pourcentage
	Cours d'eau	10	-
	Masse d'eau	33	-
	Nombre d'échantillons (au total)	121	100 %
	Corps mou	121	100 %
Échantillons	Échantillons instantanés	0	0 %
	Échantillons composites	115	95 %
	Aucune indication	6	5 %
Année	2015	11	9 %
	2016	6	5 %
	2017	8	7 %
	2018	2	2 %
	2019	9	7 %
	2020	8	7 %
	2021	38	31%
	2022	30	25 %
	2023	9	7 %
Biométrie	Taux de lipides	103	85%
	Matières sèches	93	77%
	Taille	115	95 %
	Taille évaluable	18	15 %
	Poids	103	85%
	Poids évaluable	58	48 %
	Indication d'âge	-	-
	Indication d'âge évaluable	-	-

La Figure 55 donne un aperçu du nombre d'échantillons par genre de coquillages et par an. En raison de la diversité des indications et de leur caractère parfois non différencié à propos de la mention de l'espèce, l'évaluation se limite à un classement au niveau du genre. On dispose de données pour les genres Corbicula et Dreissena. Certains échantillons datant de 2015 sont formés d'un mélange de Dreissena et de Corbicula. Tous les coquillages du genre Corbicula proviennent de l'espèce *Corbicula fluminea* (palourde asiatique). Le genre Dreissena échantillonné regroupe les espèces *Dreissena bugensis* (moule quagga), *Dreissena polymorpha* (moule zébrée) et d'autres coquillages non différenciés au niveau de l'espèce.

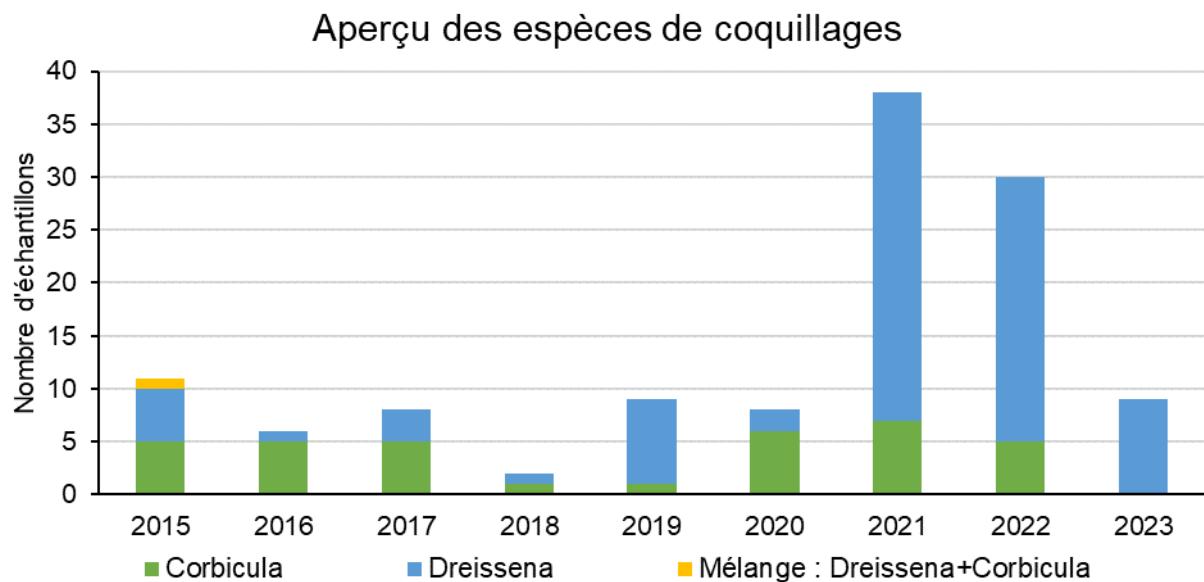


Figure 55 : Graphique synoptique des espèces de coquillages capturées (valeurs absolues) par an.

À titre complémentaire, la Figure 56 montre la distribution relative des échantillons de coquillages sur les différents genres par an ainsi que sur le groupe total des échantillons de 2015 à 2023. Les rapports relatifs de Corbicula et Dreissena varient fortement entre les différentes années. Sur toute la période, les coquillages du genre Dreissena représentent la plus grande part du jeu de données avec 70 % de tous les échantillons. 29 % des échantillons sont constitués du genre Corbicula.

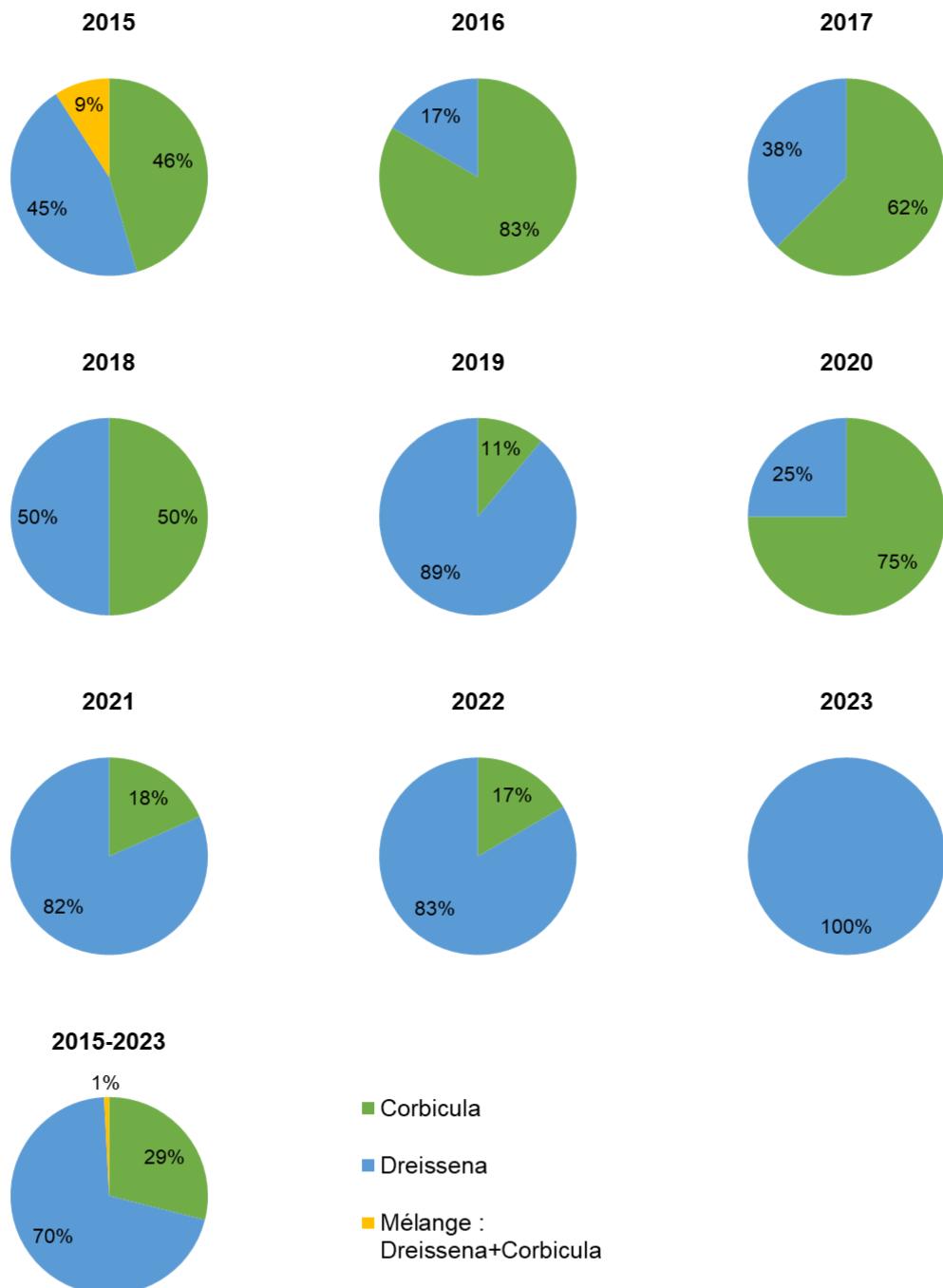


Figure 56 : Distribution des espèces de coquillages capturées par an (pourcentages annuels).

La distribution des espèces de coquillages sur les différents cours d'eau et masses d'eau est affichée dans la Figure 57 et la Figure 58. Après regroupement des sites de prélèvement au sein d'une même masse d'eau, on obtient 33 masses d'eau au total. Le Rhin avec 13 (39 %) et la Moselle avec six (18 %) masses d'eau sont majoritaires. Suivent le Neckar et la Sarre (N = 3 et 9 % chacun), la Lahn et la Meurthe (N = 2, 6 % chacune) et la Nidda, le Schwarzbach, la Weschnitz et la Kinzig (N = 1 et 3 % chacun). Alors que les collectes dans le Rhin supérieur et le Neckar ont autant porté sur les genres *Dreissena* que *Corbicula* (voir Figure 57), les prélèvements sur les autres masses d'eau n'ont toujours concerné qu'un des deux genres (voir Figure 58).

**Nombre d'échantillons par genre de coquillage et par site
(2015-2023)**

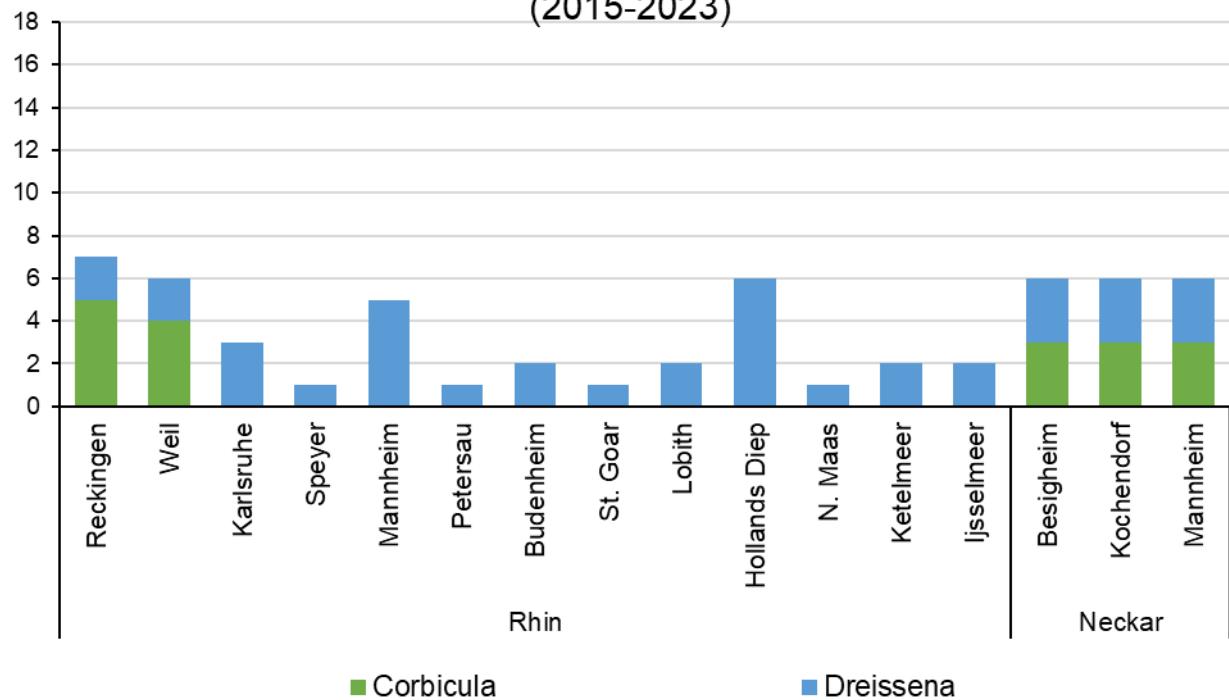


Figure 57 : Synthèse des nombres d'échantillons par masse d'eau et par genre de coquillage capturé (Rhin et Neckar).

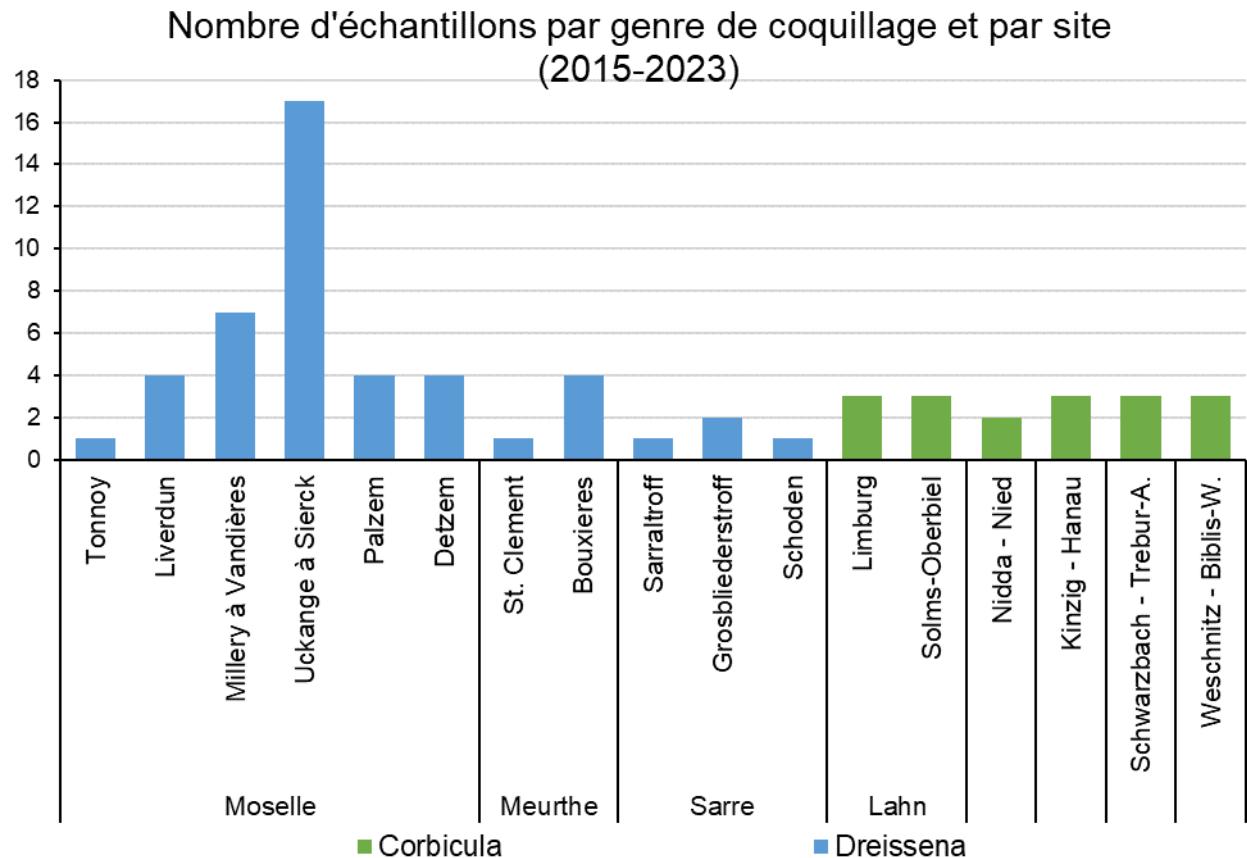


Figure 58 : Synthèse des nombres d'échantillons par masse d'eau et par genre de coquillage capturé (Moselle, Lahn, Meurthe, Sarre et autres).

4.2.2 Caractérisation des espèces de coquillages

En raison des problèmes mentionnés auparavant dans le chapitre 4.2.1 à propos des indications de taille et de poids des coquillages, il n'est pas présenté d'évaluation de ces paramètres pour les coquillages, comme il ne l'a pas non plus été fait pour les poissons.

La Figure 59 ci-dessous présente la distribution des taux de lipides et de matières sèches pour les deux genres de coquillages *Dreissena* et *Corbicula*. Les coquillages du genre *Dreissena* font apparaître en médiane des taux de lipides nettement plus bas que ceux de *Corbicula*. On relève cependant quelques exceptions avec des échantillons de *Dreissena* avec des taux de lipides > 1 % (N = 26), ceux-ci provenant fréquemment de la Moselle (N = 16) et du Neckar (N = 6).

Alors que la majorité des dreissènes affichent un taux de lipides inférieur au taux de 1 % utilisé ensuite pour la normalisation, les taux de lipides dans les corbicules (quand ils ont été mentionnés) sont pour la plupart nettement supérieurs à cette valeur.

Les deux genres de coquillages sont moins différents en ce qui concerne le taux de matières sèches. Cependant, la médiane des taux de matières sèches est plus bas pour *Dreissena* (9,9 %) que pour *Corbicula* (16,3 %). Les deux genres de coquillages ont par conséquent des médianes supérieures à la valeur de 8,3 % prise comme référence par la suite pour la normalisation du taux de matières sèches.

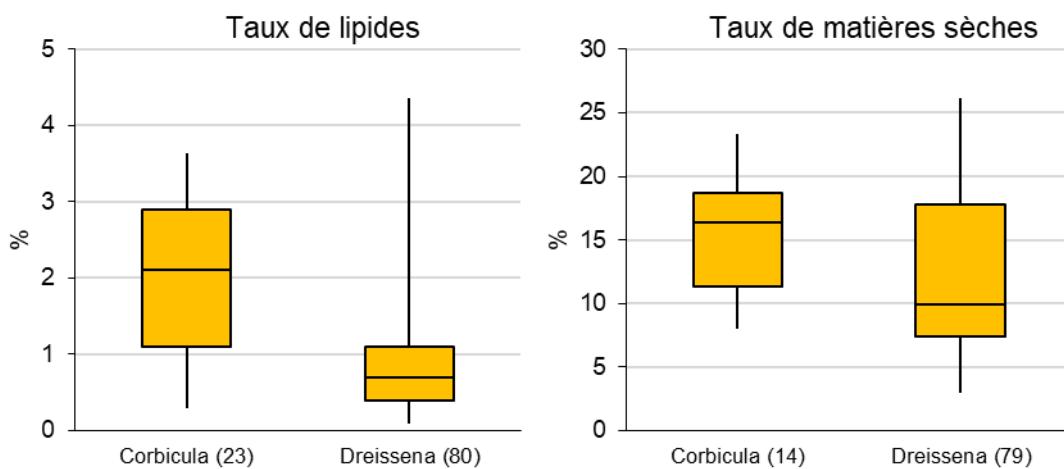


Figure 59 : Taux de lipides et de matières sèches dans les différentes espèces de coquillages du groupe d'échantillons total, entre parenthèses : nombre d'échantillons.

4.2.3 Synthèse des teneurs polluantes

Après nettoyage du jeu de données initial, qui se composait à l'origine d'env. 560 points de données d'analyse, on obtient un jeu de données composé de 272 valeurs d'analyse (auxquelles s'ajoutent des données d'accompagnement) tirées de 121 échantillons de coquillages au total. Sur ces 121 échantillons de coquillages, on dispose au départ de 113 valeurs d'analyse pour le fluoranthène (ce qui correspond à 93 % du total), 120 valeurs pour le benzo(a)pyrène (99 %) et 39 valeurs pour les dioxines et les PCB de type dioxine (32 %). On peut donc parler d'une très bonne base de données, pratiquement complète, pour le fluoranthène et le benzo(a)pyrène. Dans le cas des dioxines et des composés de type dioxine, dont les concentrations ont été recherchées en parallèle dans les poissons pour contrôler le respect de la norme de qualité environnementale, la base de données des échantillons de coquillages est en revanche très restreinte. Les chapitres suivants présentent une évaluation séparée des teneurs polluantes non normalisées et des teneurs polluantes normalisées au taux de lipides.

4.2.3.1 Teneurs non normalisées de polluants

Un aperçu des paramètres statistiques descriptifs du jeu de données non normalisé des coquillages est présenté dans le Tableau 19. Il affiche pour chaque (groupe de) substance(s) la valeur minimale et la valeur maximale (avec les masses d'eau correspondantes) ainsi que la moyenne avec écart type, la médiane, le pourcentage relatif d'échantillons dépassant la NQE et une estimation de la possibilité de contrôle de la norme de qualité environnementale s'appliquant à la substance. Pour les calculs et évaluations de base, toutes les valeurs disponibles sont prises en compte, indépendamment du genre de coquillage ou de l'année de prélèvement. Par ailleurs, les données d'analyse sont représentées de manière séparée pour les groupes de substances et les deux genres de coquillages sous forme de boîtes à moustaches dans la Figure 60.

Au total, 90 % des 113 valeurs évaluables de fluoranthène sont au-dessus des limites de quantification spécifiques des laboratoires. 19 % de tous les échantillons dépassent la norme de qualité environnementale du fluoranthène fixée à 30 µg/kg PF. La plus haute concentration (160 µg/kg PF) est détectée dans le Neckar près de Besigheim et est par conséquent environ cinq fois supérieure à la norme de qualité environnementale. Comme il ressort de la Figure 60, les teneurs médianes détectées dans les coquillages du genre Corbicula sont deux à trois fois plus élevées que dans les coquillages du genre Dreissena sans normalisation au taux de lipides.

Pour le benzo(a)pyrène, les teneurs transmises dans les coquillages sont sensiblement plus basses que celles de fluoranthène. Le taux des détections au-dessus des limites de quantification est de 63 %, mais seuls 7 % des échantillons dépassent également la norme de qualité environnementale. La plus haute concentration de benzo(a)pyrène (33,0 µg/kg

PF) est détectée dans le Rhin à Lobith et est donc six fois plus élevée que la norme de qualité environnementale fixée à 5 µg/kg PF. Bien que le fluoranthène et le benzo(a)pyrène, deux représentants des hydrocarbures poliaromatiques (HPA), soient de structure similaire, ils donnent une image différente quand on compare les deux genres de coquillages. Les concentrations de benzo(a)pyrène sont nettement plus élevées dans les coquillages du genre Dreissena que dans les coquillages du genre Corbicula (cf. Figure 60).

Dans le cas du paramètre global des dioxines et des composés de type dioxine, il est possible de détecter des teneurs quantifiables dans pratiquement tous les échantillons du jeu de données évaluables (taux de détection de 97 %). Il convient de noter que seul le Bade-Wurtemberg a fourni des données d'analyse, les dioxines et composés de type dioxine étant surveillés dans les autres délégations uniquement dans les poissons. Aucun des 39 échantillons analysés n'affiche un dépassement de la norme de qualité environnementale de 0,0065 µg/kg PF prise comme référence. La plus haute teneur déterminée, de 0,00545 µg/kg PF, est juste au-dessous de la norme de qualité environnementale. Elle est détectée dans le Neckar à proximité de Kochendorf. En comparant les deux genres de coquillages, on constate des teneurs nettement plus élevées dans les coquillages du genre Corbicula que dans ceux du genre Dreissena.

Au regard du pourcentage élevé de détection des trois substances ou groupes de substances, on constate que les limites de quantification des laboratoires sont suffisamment basses pour permettre le contrôle du respect de la norme de qualité environnementale dans les coquillages.

Tableau 19 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les coquillages : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2023.

(Groupe de) substance(s)	N	Moyenne [µg/kg PF]	Écart type [µg/kg PF]	Médiane [µg/kg PF]	Min [µg/kg PF]	Max [µg/kg PF]	Masse d'eau avec pression maximale	Dépassement de la NQE ¹⁵	NQE contrôlable ?
Fluoranthène	113	21,0	26,4	9,77	< LQ	160	Neckar - Besigheim	19 %	Oui
Benzo(a)pyrène	120	3,06	4,61	1,87	< LQ	33,0	Rhin - Lobith	7 %	Oui
PCDD/F et PCB type dioxine (TEQ)	39	0,00146	0,00178	0,000610		0,00545	Neckar - Kochendorf	0 %	Oui
					< LQ				

¹⁵ Conformément à la directive 2013/39/UE

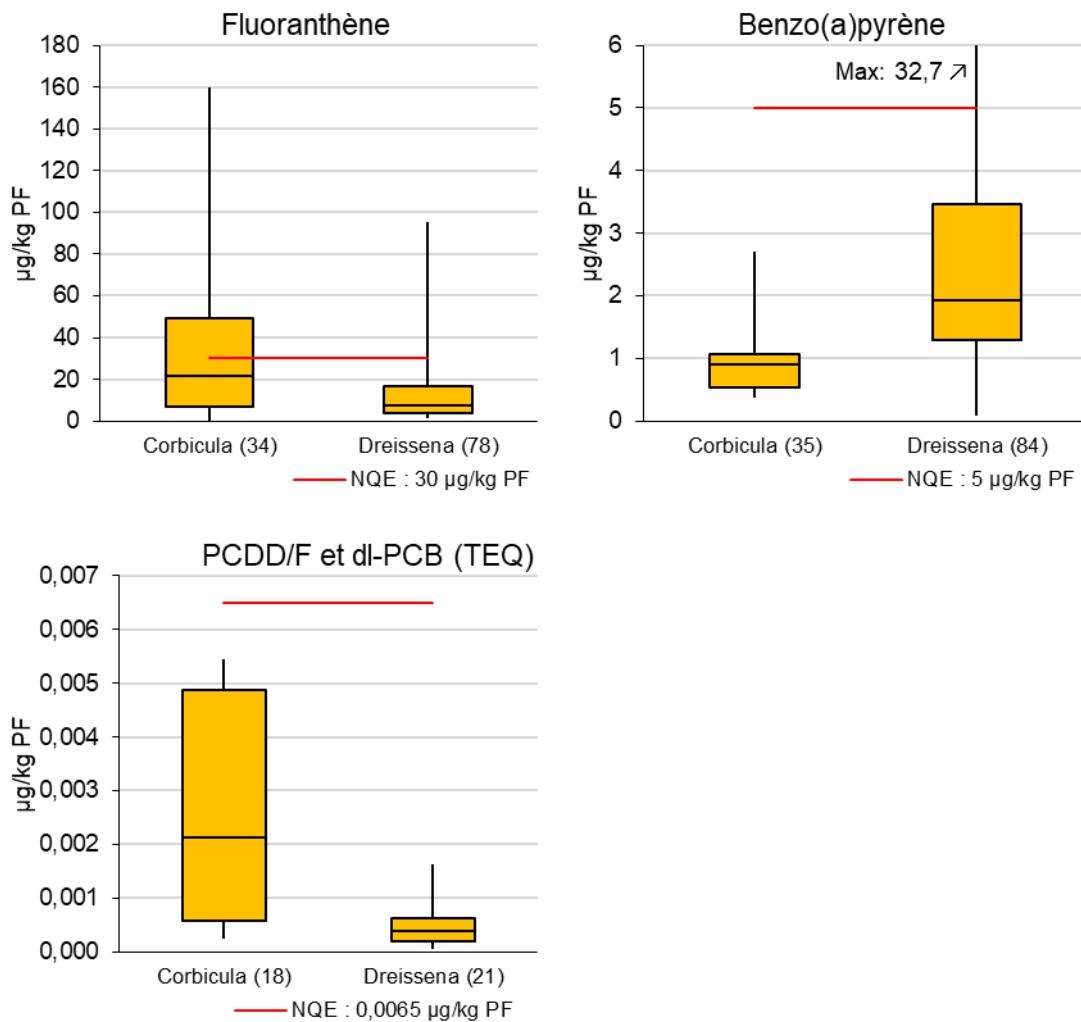


Figure 60 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse du fluoranthène, du benzo(a)pyrène et des dioxines et PCB de type dioxine séparés en fonction du genre du coquillage. Sans normalisation ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

4.2.3.2 Teneurs normalisées de polluants

Comme expliqué auparavant pour le jeu de données des poissons, les étapes suivantes de l'évaluation avec teneurs polluantes normalisées ne prennent en compte que les données pour lesquelles on dispose de taux de lipides. Du fait des propriétés lipophiles des trois paramètres à analyser dans les coquillages, on effectue une normalisation au taux de lipides pour ces trois paramètres. Comme on ne dispose de taux de lipides correspondants que dans 85 % des échantillons, le jeu de données exploitable diminue d'env. 15 %. On a donc au final comme jeu de données 95 échantillons de coquillages pour le fluoranthène, 102 pour le benzo(a)pyrène et 38 pour les dioxines et les composés de type dioxine.

Un aperçu des paramètres statistiques descriptifs est présenté dans le Tableau 20. Il affiche pour chaque (groupe de) substance(s) la valeur minimale et la valeur maximale (avec les masses d'eau correspondantes) ainsi que la moyenne avec écart type, la médiane, le pourcentage relatif d'échantillons dépassant la NQE et une estimation de la possibilité de contrôle de la norme de qualité environnementale s'appliquant à la substance. Pour les calculs et évaluations de base, toutes les valeurs disponibles après normalisation au taux de lipides sont prises en compte, indépendamment du genre de coquillage ou de l'année de prélèvement. Par ailleurs, les données d'analyse sont représentées de manière séparée pour les groupes de substances et les deux genres de coquillages sous forme de boîtes à moustaches dans la Figure 61.

Au total, 89 % des 95 valeurs évaluables de fluoranthène sont au-dessus des limites de quantification spécifiques des laboratoires. 14 % de tous les échantillons dépassent la norme de qualité environnementale du fluoranthène fixée à 30 µg/kg PF. La plus haute concentration (151 µg/kg PF) est détectée dans la Meurthe près de Bouxières et est par conséquent env. cinq fois supérieure à la norme de qualité environnementale. Comme il ressort de la Figure 61, les teneurs médianes dans les coquillages des genres Corbicula et Dreissena sont à peu près comparables après normalisation au taux de lipides.

Pour le benzo(a)pyrène, les teneurs transmises dans les coquillages sont sensiblement plus basses que celles de fluoranthène. Le taux des détections au-dessus des limites de quantification est de 66 %, mais seuls 14 % des échantillons dépassent également la norme de qualité environnementale. La plus haute concentration de benzo(a)pyrène (32,7 µg/kg PF) est aussi détectée dans la Meurthe près de Bouxières et est donc six fois plus élevée que la norme de qualité environnementale fixée à 5 µg/kg PF. Bien que le fluoranthène et le benzo(a)pyrène, deux représentants des hydrocarbures poliaromatiques (HPA), soient de structure similaire, ils donnent une image différente quand on compare les deux genres de coquillages. Les concentrations de benzo(a)pyrène sont nettement plus élevées dans les coquillages du genre Dreissena que dans les coquillages du genre Corbicula (cf. Figure 61).

Dans le cas du paramètre global des dioxines et des composés de type dioxine, il est possible de détecter des teneurs quantifiables dans tous les échantillons du jeu de données normalisé évaluable. Il convient de noter que seul le Bade-Wurtemberg a fourni des données d'analyse, les dioxines et composés de type dioxine étant surveillés dans les autres délégations uniquement dans les poissons. Aucun des 39 échantillons analysés n'affiche un dépassement de la norme de qualité environnementale de 0,0065 µg/kg PF prise comme référence. La plus haute teneur déterminée est de 0,00345 µg/kg PF, ce qui correspond à peu près à la moitié de la norme de qualité environnementale. Elle est détectée dans le Neckar à proximité de Mannheim. En comparant les deux genres de coquillages, on constate des teneurs nettement plus élevées dans les coquillages du genre Corbicula que dans ceux du genre Dreissena.

Au regard du pourcentage élevé de détection des trois substances ou groupes de substances, on constate que les limites de quantification des laboratoires sont suffisamment basses pour permettre le contrôle du respect de la norme de qualité environnementale dans les coquillages.

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 118/221 -

Tableau 20 : Synthèse des teneurs normalisées au taux de lipides de polluants dans les coquillages : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2023.

(Groupe de) substance(s)	N	Moyenne [µg/kg PF]	Écart type [µg/kg PF]	Médiane [µg/kg PF]	Min [µg/kg PF]	Max [µg/kg PF]	Masse d'eau avec pression maximale	Dépassement de la NQE ¹⁶	NQE contrôlable ?
Fluoranthène	95	17,2	22,3	9,06	< LQ	151	Meurthe - Bouxières	14 %	Oui
Benzo(a)pyrène	102	4,04	5,66	2,01	< LQ	32,7	Meurthe - Bouxières	14 %	Oui
PCDD/F et PCB type dioxine (TEQ)	38	0,00101	0,000717	0,000763	< LQ	0,00345	Neckar, Mannheim	0 %	Oui

¹⁶ Conformément à la directive 2013/39/UE

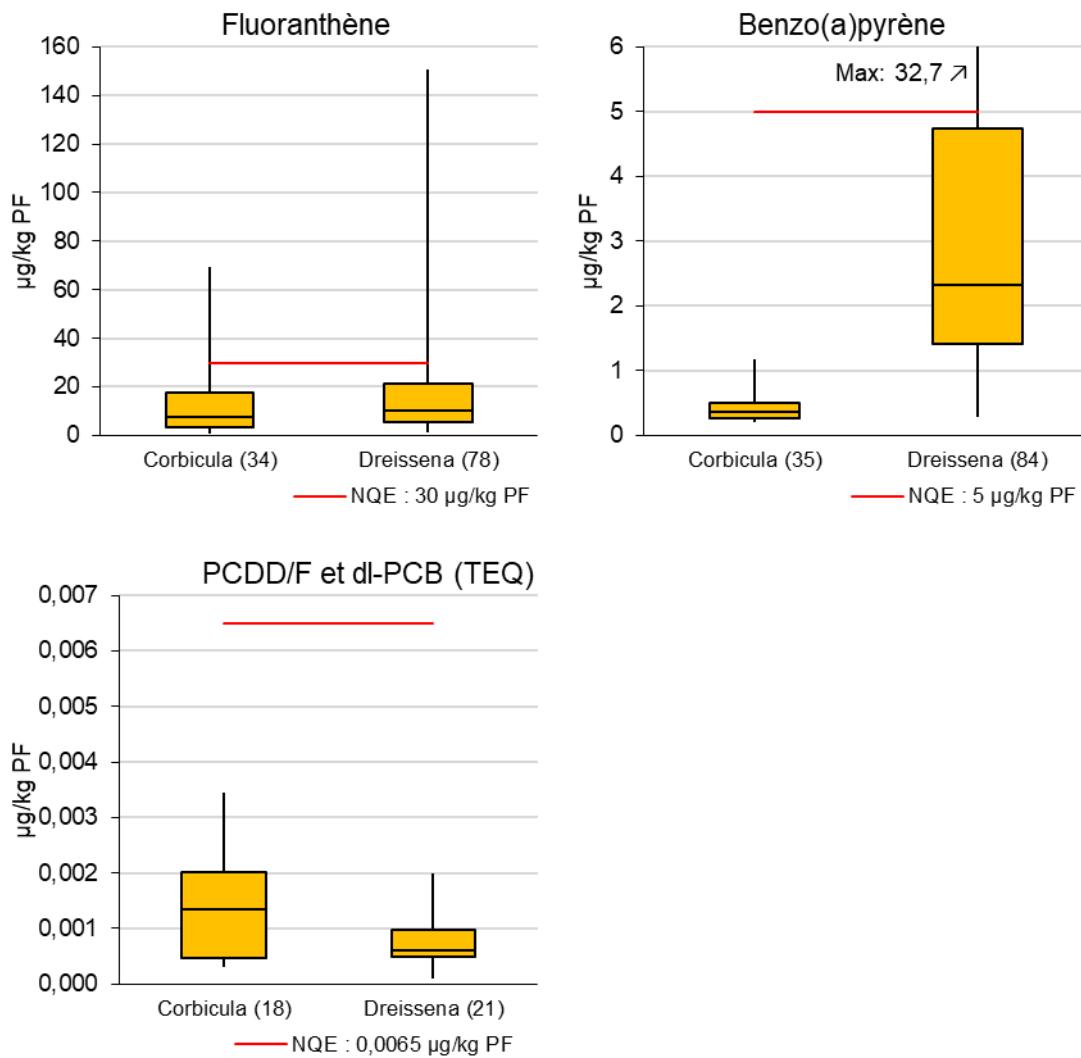


Figure 61 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse du fluoranthène, du benzo(a)pyrène et des dioxines et PCB de type dioxine séparés en fonction du genre du coquillage. Toutes les données sont normalisées au taux de lipides ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ.

4.2.4 Comparaison spatiale

On effectue les calculs pour chaque masse d'eau regroupée à partir de toutes les données (au-dessus des limites de quantification respectives) disponibles, afin d'observer l'évolution des teneurs polluantes dans les coquillages le long du Rhin et de ses affluents. À un niveau d'examen complémentaire, on subdivise les résultats de chaque masse d'eau sur les trois périodes, à savoir 2015-2016, 2017-2019 et 2020-2023 pour obtenir de premiers enseignements sur l'évolution dans le temps des teneurs polluantes. Comme dans les passages antérieurs du rapport, les chapitres suivants soumettent un examen séparé des teneurs polluantes non normalisées et de teneurs polluantes normalisées au taux de lipides.

4.2.4.1 Teneurs non normalisées de polluants

La comparaison spatiale des teneurs polluantes non normalisées est présentée dans les Figure 62 à Figure 64 pour le fluoranthène, le benzo(a)pyrène et les dioxines et composés de type dioxine.

Le jeu de données sur le fluoranthène est le plus complet à l'échelle spatiale, comme le montre la Figure 62. Les teneurs moyennes de fluoranthène les plus élevées par masse d'eau et période sont détectées dans la Moselle à Palzem, dans le Neckar à Besigheim et dans la Sarre à Schoden (teneur maximale sur la période 2015-2016), de même que dans le Rhin à Lobith (teneur maximale sur la période 202-2023). Dans ces masses d'eau ainsi que dans certaines autres, la norme de qualité environnementale de 30 µg/kg PF est également dépassée. On observe entre les masses d'eau du Rhin de St. Goar (région de Coblenze) et de Lobith une forte hausse des teneurs de fluoranthène sur la période 2020-2023, ce qui laisse supposer des sources d'émissions entre ces deux masses d'eau. Il n'est toutefois pas possible de les attribuer à un affluent ou à un émetteur direct dans le Rhin, car plusieurs centaines de kilomètres fluviaux séparent ces deux masses d'eau et plusieurs affluents sont intercalés. Une comparaison dans le temps des trois périodes examinées n'est possible que pour les masses d'eau rhénanes de Reckingen, de Weil et de Mannheim et les trois masses d'eau du Neckar. On relève dans la plupart des cas une baisse des pressions progressive par le fluoranthène dans les périodes 2017-2019 et 2020-2023.

La distribution spatiale des teneurs polluantes non normalisées de benzo(a)pyrène est présentée dans la Figure 63. Les teneurs les plus élevées constatées dans les échantillons de coquillages le sont dans le Rhin à Lobith (période 2020-2023) ainsi que dans la Moselle à Palzem et Detzem (période 2015-2016 dans les deux cas. Elles provoquent également des dépassements de la norme de qualité environnementale fixée à 5 µg/kg PF. En raison du manque fréquent de données plus anciennes, il n'a été possible d'effectuer une comparaison dans le temps que pour un nombre limité de masses d'eau. Il en ressort une image mitigée. Alors que l'on constate parfois dans les masses d'eau néerlandaises du Rhin et dans le Neckar des hausses de teneurs non normalisées de benzo(a)pyrène entre les périodes

2017-2019 et 2020-2023, la comparaison entre les périodes 2015-2016 et 2020-2023 indique des pressions par le benzo(a)pyrène en baisse dans les coquillages de la Moselle à Palzem et Detzem.

Les teneurs de dioxines et de composés de type dioxine ne sont rapportées que par le Bade-Wurtemberg pour le Rhin et le Neckar. Les teneurs les plus élevées sont détectées en particulier dans d'anciens échantillons du Neckar. On ne relève cependant de dépassement de la norme de qualité environnementale dans aucun des échantillons. L'examen de l'évolution dans le temps fait apparaître des tendances à la baisse des teneurs sur toutes les périodes.

Pour les données non normalisées sur les coquillages, les Figure 86 à Figure 91 en annexe présentent la distribution spatiale sous forme de cartes des pressions.

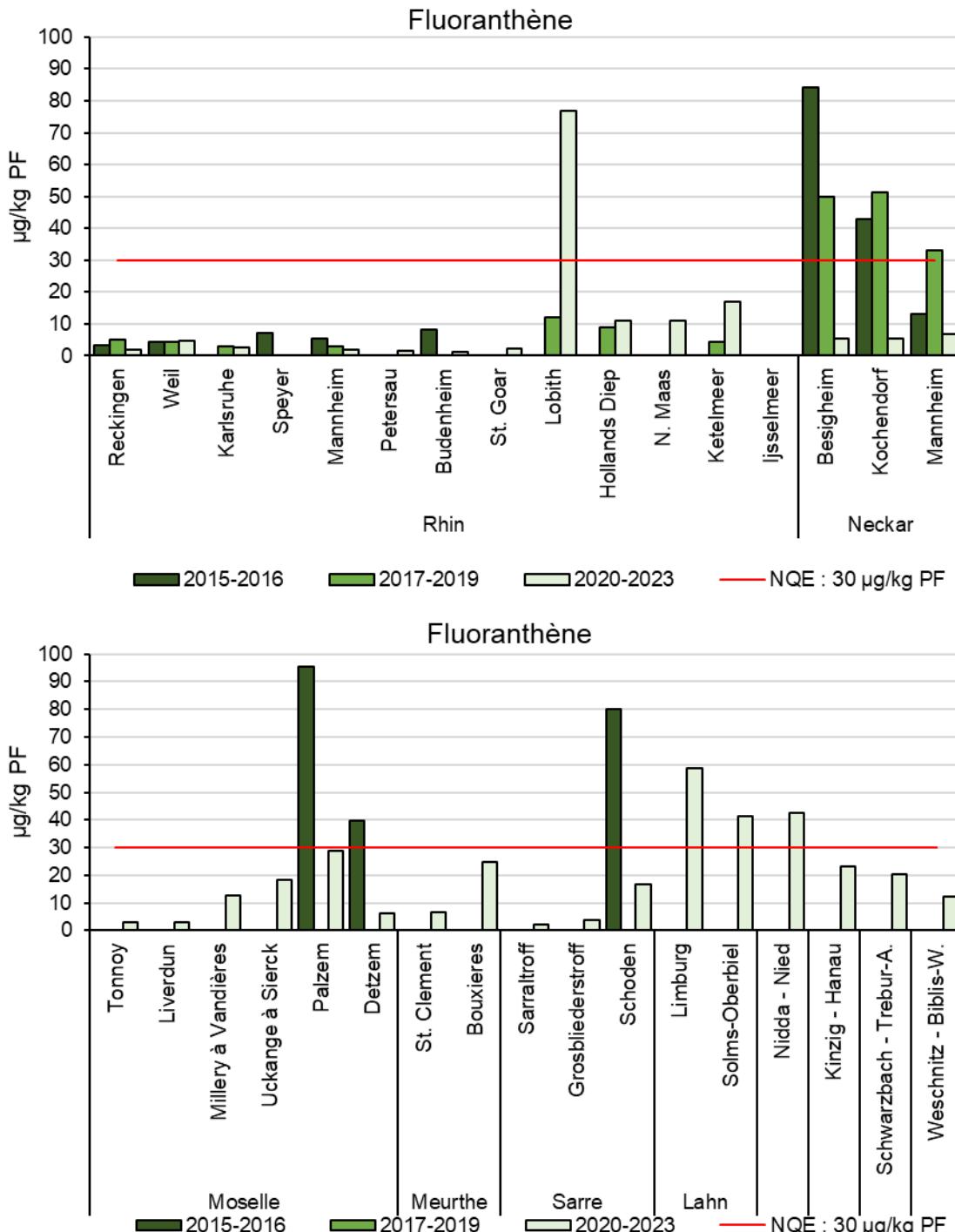


Figure 62 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Fluoranthène (sans normalisation, Corbicula et Dreissena).

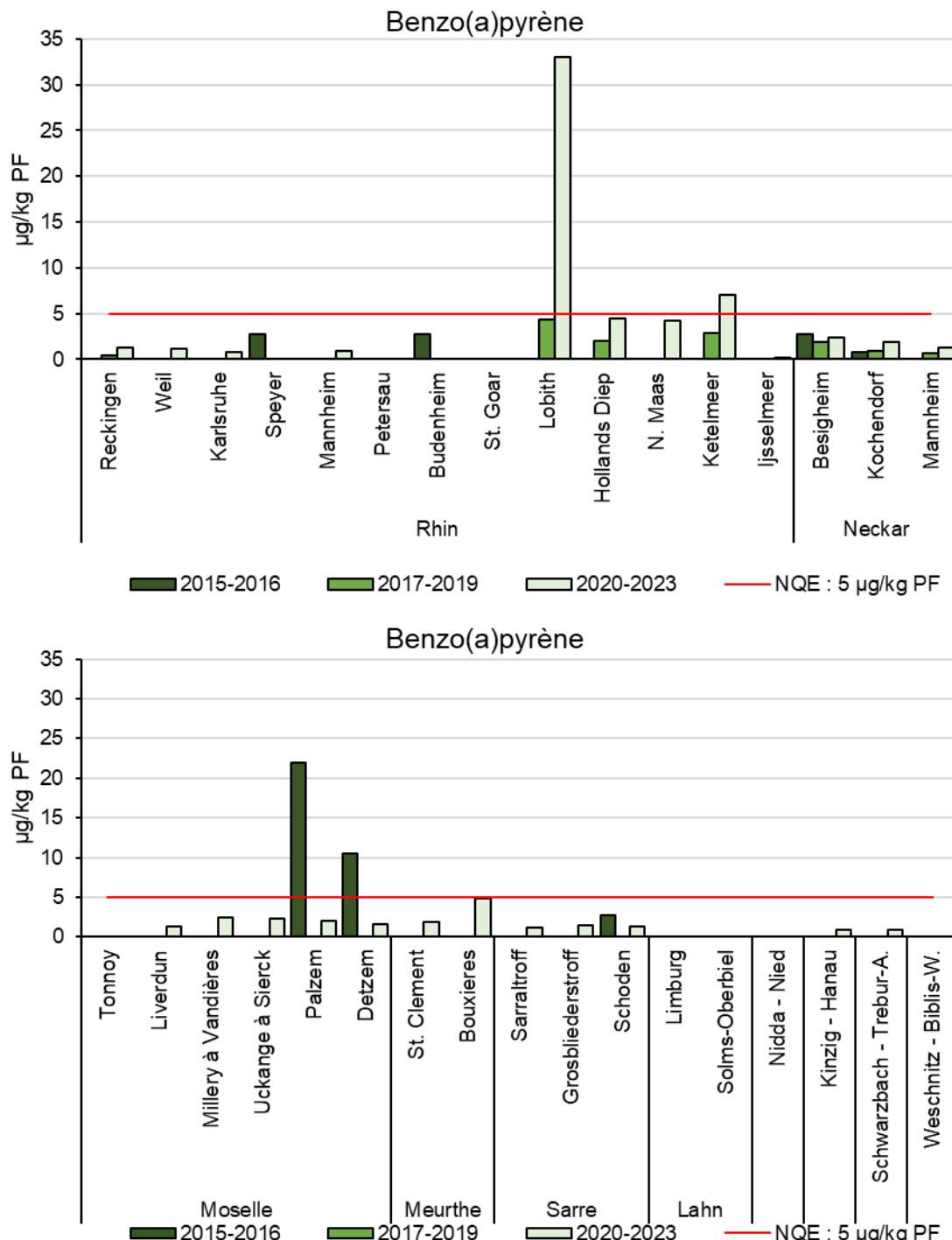


Figure 63 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : Benzo(a)pyrène (sans normalisation, Corbicula et Dreissena).

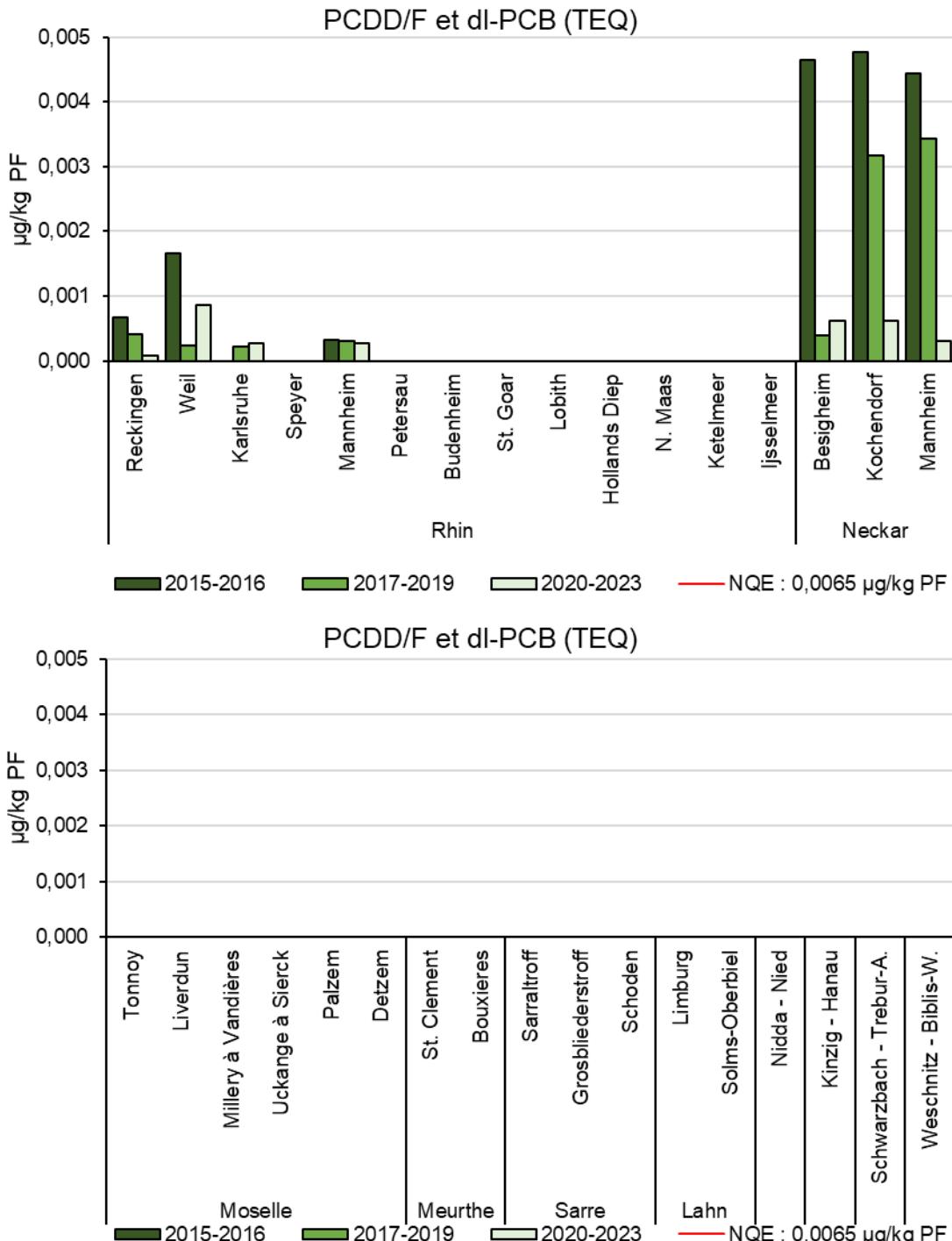


Figure 64 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation, Corbicula et Dreissena). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg (Rhin et Neckar) a transmis des données sur les PCDD/F+PCB type dioxine dans les coquillages.

4.2.4.2 Teneurs normalisées de polluants

La comparaison spatiale des teneurs polluantes normalisées au taux de lipides est présentée dans les Figure 65 à Figure 67 pour le fluoranthène, le benzo(a)pyrène et les dioxines et composés de type dioxine. Comme décrit plus haut, le degré d'exhaustivité des graphiques dépend d'une part de la disponibilité générale des données sur les concentrations polluantes et d'autre part de la disponibilité de taux de lipides permettant une normalisation comparable à ce taux.

Le jeu de données sur le fluoranthène est le plus complet à l'échelle spatiale, comme le montre la Figure 65. À l'exception du Neckar, les seules données évaluables fournies pour les affluents du Rhin sont celles de années 2020-2022. Les teneurs moyennes de fluoranthène les plus élevées par masse d'eau et période sont détectées dans la Meurthe à Bouxières et dans le Rhin à Lobith ainsi que dans le Neckar à Besigheim. Dans ces masses d'eau, la norme de qualité environnementale de 30 µg/kg PF est également dépassée. On observe également pour les teneurs normalisées entre les masses d'eau du Rhin de St. Goar (région de Coblenze) et Lobith une forte hausse du fluoranthène sur la période 2020-2023, ce qui laisse supposer des sources d'émissions entre ces deux masses d'eau, sans que l'on puisse, pour les raisons mentionnées plus haut, les attribuer à des voies d'apport évidentes. Une comparaison dans le temps des trois périodes examinées n'est possible que pour les masses d'eau rhénanes de Reckingen, de Weil et de Mannheim et les trois masses d'eau du Neckar. On relève dans tous les cas une baisse des pressions par le fluoranthène dans les périodes 2017-2019 et 2020-2023.

La distribution spatiale du benzo(a)pyrène est présentée dans la Figure 66. Ici aussi, les échantillons proviennent en majorité de la dernière période évaluée (2020-2023). Les teneurs les plus élevées sont identifiées dans les masses d'eau de Lobith, Hollands Diep, Nieuwe Maas et Ketelmeer, de même que dans la Meurthe à Bouxières, et elles provoquent des dépassements de la norme de qualité environnementale fixée à 5 µg/kg PF. En raison du manque fréquent de données plus anciennes, il n'a été possible d'effectuer une comparaison dans le temps que pour un nombre limité de masses d'eau. Celle-ci indique des teneurs en partie croissantes entre les intervalles de temps 2017-2019 et 2020-2023, comme par ex. dans le Rhin à Lobith, dans le Hollands Diep ou dans le Neckar à Kochendorf.

Comme décrit plus haut pour les teneurs non normalisées, les teneurs de dioxines et de composés de type dioxine ne sont rapportées que par le Bade-Wurtemberg pour le Rhin et le Neckar. Après normalisation au taux de lipides, les teneurs les plus élevées sont détectées en particulier dans le Neckar. On ne relève cependant de dépassement de la norme de qualité environnementale dans aucun des échantillons. L'examen de l'évolution dans le temps fait apparaître des tendances à la baisse des teneurs sur toutes les périodes.

Pour les données normalisées sur les coquillages, les Figure 110 à Figure 115 en annexe présentent la distribution spatiale sous forme de cartes des pressions.

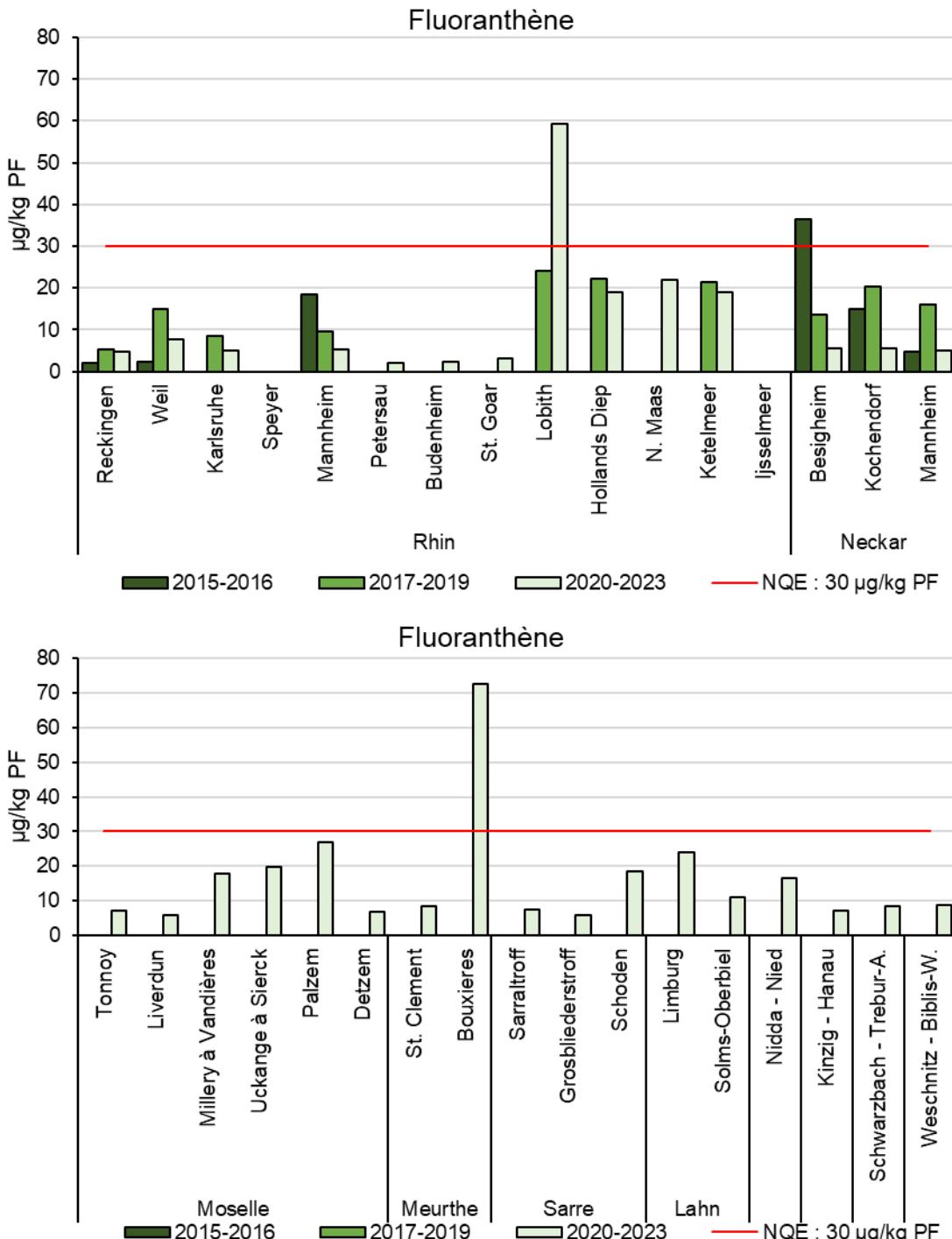


Figure 65 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : fluoranthène (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena).

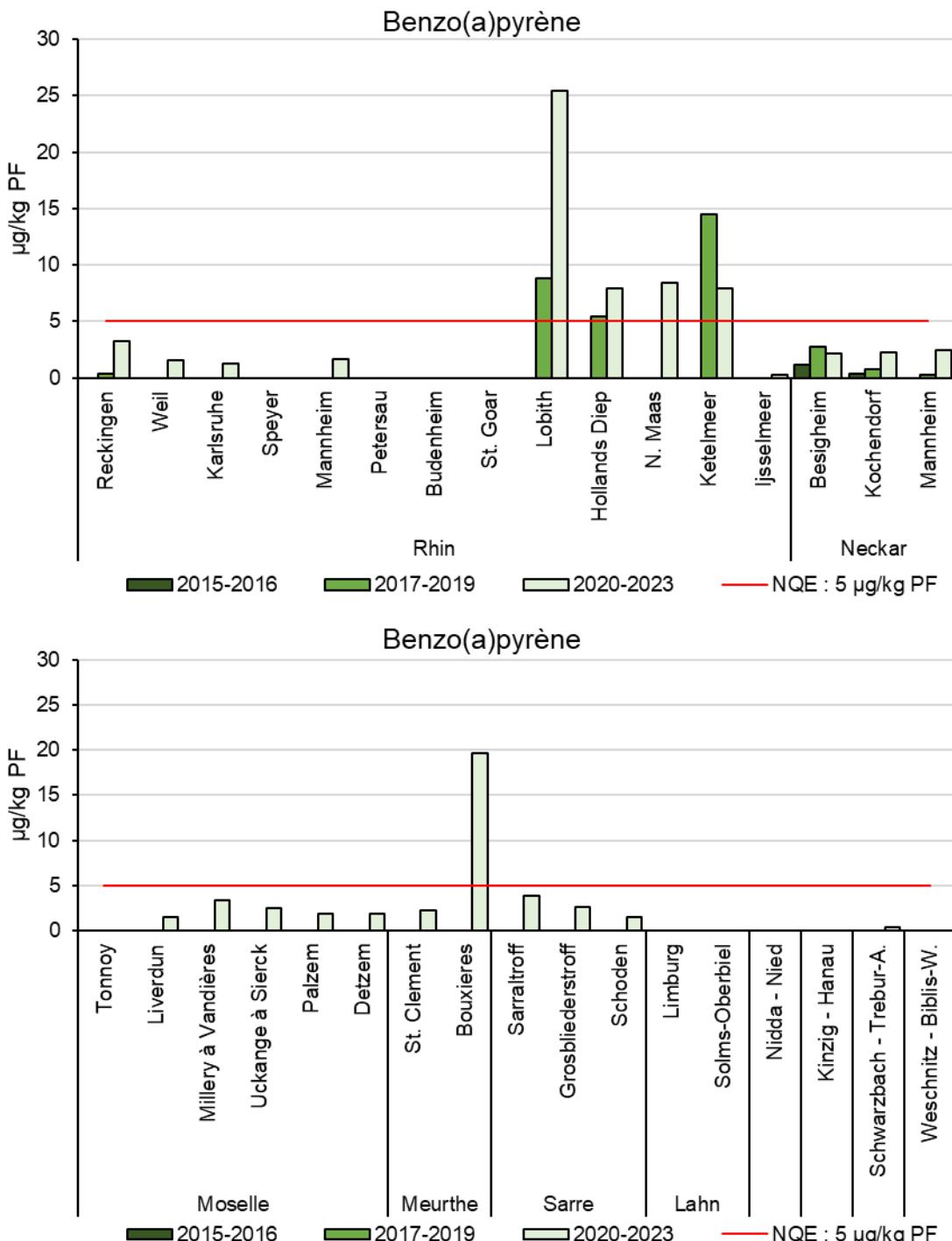


Figure 66 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : benzo(a)pyrène (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena).

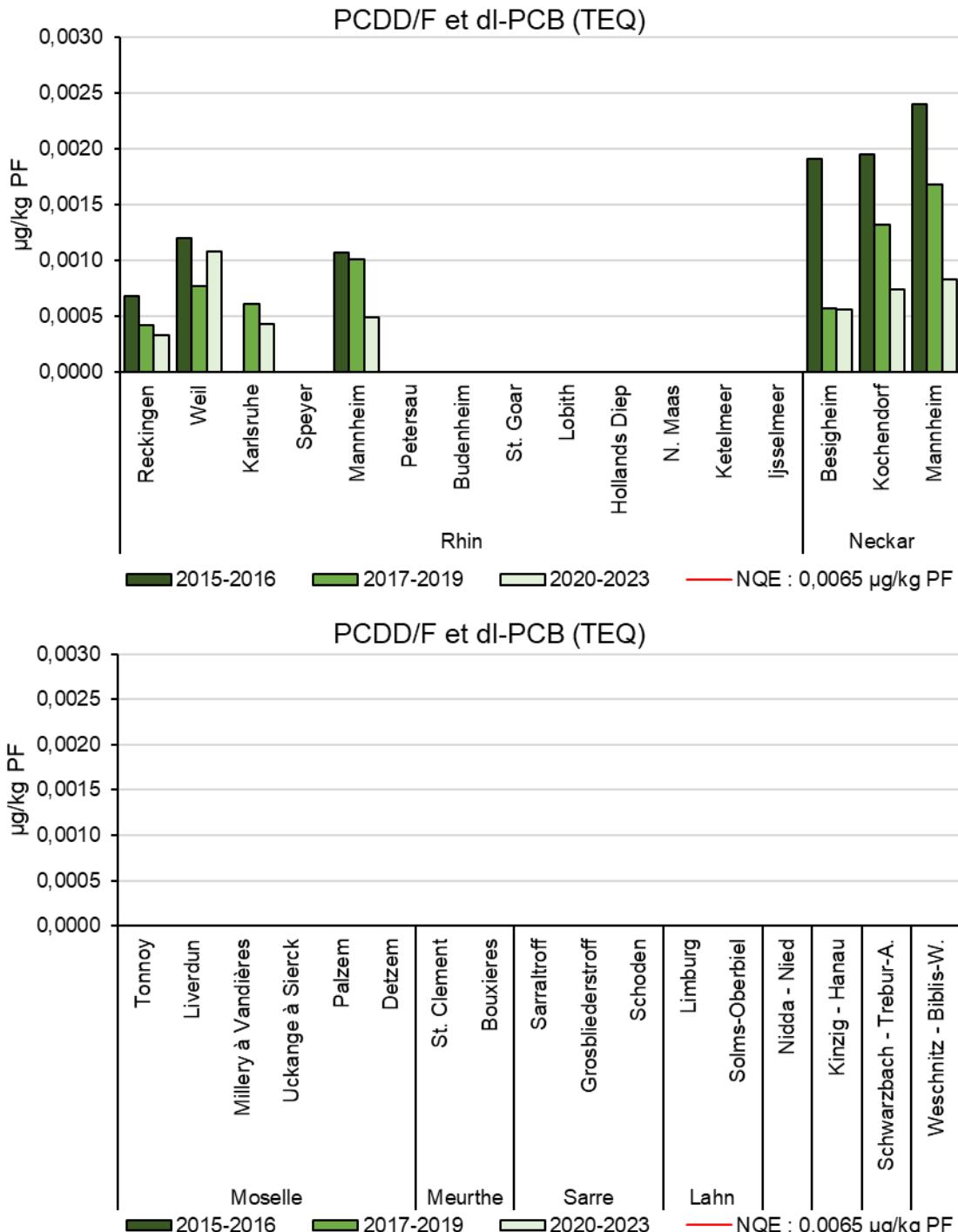


Figure 67 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg (Rhin et Neckar) a transmis des données sur les PCDD/F+PCB type dioxine dans les coquillages.

5 Références bibliographiques

- Becker L, Hennecke D, Düring R. Expositionsbetrachtung und Beurteilung des Transfers von Dioxin, dioxinähnlichen PCB und PCB – Literaturstudie. Texte 57 / 2011, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, 198 p 2010.
- Commission européenne. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive: Environmental Quality Standards (EQS) substance data sheet. Priority substance No. 21: Mercury and its compounds.
https://circabc.europa.eu/sd/a/ff8e163c-71f6-4fc0-98ef-875a20add4c8/21_Mercury_EQSdatasheet_150105.pdf 2005.
- Contaminants in Norwegian Freshwater Fish. M-1789 | 2020:
<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1789/m1789.pdf>
- Covaci A, Gerecke AC, Law RJ, Voorspoels S, Kohler M, Heeb NV, et al. Hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the environment and humans: a review. Environ Sci Technol 2006; 40: 3679-88.
- EBFRIP. European brominated flame retardant industry panel. The voluntary emissions control action programme—measurable achievements. Annual Progress Report 2009.
- ECHA. Inclusion of substances of very high concern in the Candidate List for eventual inclusion in Annex XIV (ED/21/2016). ECHA announcement 2016.
- ECHA. Inclusion of substances of very high concern in the Candidate List for eventual inclusion in Annex XIV (ED/88/2018). ECHA announcement 2018.
- Eisler R. Eisler's Encyclopedia of Environmentally Hazardous Priority Chemicals: Elsevier, 2007.
- Foekema EM, Kotterman M, Hoek-van Nieuwenhuizen M: Chemische biotamonitoring conform KRW. Methodeontwikkeling en compliance-check 2014/2015. Wageningen, IMARES Wageningen UR (University & Research centre), IMARES rapport C082/16. 91 S, 2016.
- Forsthuber M, Kaiser AM, Granitzer S, Hassl I, Hengstschläger M, Stangl H, et al. Albumin is the major carrier protein for PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA and PFDA in human plasma. Environment International 2020; 137: 105324.
- Froese R, Pauly D. FishBase. www.fishbase.org, version (06/2024). World Wide Web electronic publication. 2024.
- Hillenbrand T, Marscheider-Weidemann F, Strauch M, Heitmann K, Schaffrin D. Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie (Forschungsbericht 203 21 280). UBA-Texte 2007.
- LAWA-AO. Rahmenkonzeption Monitoring, Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen: Arbeitspapier IV.3, Stand: 14.02.2020:
https://www.lawa.de/documents/arbeitspapier-iv3-barrierefrei_1689842304.pdf, 2020.
- Lecloux A. Hexachlorobutadiene – Sources, environmental fate and risk characterization. Science Dossier. EuroChlor 2004.

- Lyche J L, Nøstbakken O J, Berg V. EU Water Framework-Directive Priority
Merian E, Anke M, Ihnat M, Stoeppler M. Elements and their compounds in the Environment
Vol. 2: Metals and their Compounds. Vol. 2: Metals and their Compounds: pp. 932-934, Wiley-VCH, 2004.
- Moermond CT, Verbruggen EM. An evaluation of bioaccumulation data for hexachlorobenzene to derive water quality standards according to the EU-WFD methodology. *Integrated Environmental Assessment and Management* 2013; 9: 87-97.
- OMS. Concise International Chemical Assessment Document 70 – Heptachlor. First draft prepared by J. Kielhorn, S. Schmidt and I. Mangelsdorf. World Health Organization. ISBN 9241530707. 2006.
- OMS. Fact Sheet Dioxins, 2023.
- PNUE. Decision SC-4/14: Listing of hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether. Persistent Organic Pollutants Review Committee 2009a.
- PNUE. Decision SC-4/17: Listing of perfluorooctane sulfonic acid, its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride. Persistent Organic Pollutants Review Committee 2009b.
- PNUE. Decision SC-4/18: Listing of tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether. Persistent Organic Pollutants Review Committee 2009c.
- PNUE. Decision SC-6/13: Listing of hexabromocyclododecane. Persistent Organic Pollutants Review Committee 2013a.
- PNUE. Decision SC-7/12: Listing of hexachlorobutadiene. Persistent Organic Pollutants Review Committee 2016.
- PNUE. Minamata Convention on Mercury, Draft text for a global legally binding instrument on mercury (UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/3). 2012a.
- PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting - Risk profile on commercial pentabromodiphenyl ether (UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.1). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2006a.
- PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting - Risk profile on perfluorooctane sulfonate (UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2006b.
- PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third meeting - Risk profile on commercial octabromodiphenyl ether (UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.6). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2007.
- PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its sixth meeting - Risk profile on hexabromocyclododecane (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2010.

PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighth meeting - Risk profile on hexachlorobutadiene (UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2012b.

PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its ninth meeting (UNEP/POPS/POPRC.9/13). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2013b.

PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eleventh meeting (UNEP/POPS/POPRC.11/10). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2015.

PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its thirteenth meeting - Risk management evaluation on dicofol (UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.1). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2017.

PNUE. The 12 initial POPs under the Stockholm Convention, 2001.

PubChem. Compound Summary - Hexachlorobenzene. In: Medicine NNLo, editor, 2024.

Radermacher G, Fliedner A, Rüdel H. Konzept zur Implementierung der neuen Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe in Fischen (Richtlinie 2013/39/EU). Abschlussbericht: Umweltbundesamt, 2019.

Rapport CIPR n° 195 : Rapport sur la contamination de la faune piscicole par les polluants dans le bassin du Rhin :

https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/FR/rp_Fr_0195.pdf, 2011

Rapport CIPR n° 216 : Proposition de programme pilote d'analyse de la contamination des biotes/poissons par des polluants dans le bassin du Rhin en 2014/2015 :

https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/FR/rp_Fr_0216.pdf, 2014.

Rapport CIPR n° 252 : Évaluation statistique des analyses de la contamination du biote/des poissons par des polluants dans le bassin du Rhin en 2014/2015 :

https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/FR/rp_Fr_0252.pdf, 2018.

Rapport CIPR n° 259 : Projet de mise en cohérence d'analyses de la contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin dans le cadre du troisième cycle de gestion DCE 2021 - 2027 :

https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/FR/rp_Fr_0259.pdf, 2019.

Ritter L, Solomon K, Forget J, Stemmeroff M, O'Leary C. A review of selected persistent organic chemicals - Heptachlor-Hexachlorobenzene-Mirex-Toxaphene - Polychlorinated biphenyls - Dioxins and Furans. The International Programme on Chemical Safety (IPCS) within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC) 1995.

Sellström U, Kierkegaard A, de Wit C, Jansson B. Polybrominated diphenyl ethers and hexabromocyclododecane in sediment and fish from a Swedish River. *Environmental Toxicology and Chemistry* 1998; 17: 1065-1072.

Sheng N, Cui R, Wang J, Guo Y, Wang J, Dai J. Cytotoxicity of novel fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl substances to human liver cell line and their binding capacity to human liver fatty acid binding protein. *Archives of Toxicology* 2018; 92: 359-369.

surface waters and biota – a review of monitoring data. 2017. Ecotox Centre, Swiss Centre for Applied Ecotoxicology Eawag-EPFL;
https://www.oekotoxzentrum.ch/media/168205/2017_vermeirssen_situationsanalyse.pdf

- UE. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) – On biota monitoring (the implementation of EQSbiota) under the Water Framework Directive: Publications Office, 2014.
- UE. Décision de la Commission du 30 septembre 2008 concernant la non-inscription du dicofol à l'annexe I de la directive 91/414/CEE du Conseil et le retrait des autorisations de produits phytopharmaceutiques contenant cette substance. Journal Officiel de l'Union européenne 2008.
- UE. Directive 2006/122/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 décembre 2006 modifiant pour la trentième fois la directive 76/769/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives aux restrictions de mise sur le marché et d'emploi de certaines substances et préparations dangereuses (sulfonates de perfluorooctane). Journal officiel de l'Union européenne 2006 ; 372.
- UE. Directive 2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12 août 2013 portant modification des directives 2000/60/CE et 2008/105/CE sur les substances prioritaires dans le domaine de l'eau. Journal Officiel de l'Union européenne 2013.
- UE. Règlement (CE) n° 850/2004 du Parlement européen et du Conseil. Journal officiel de l'Union européenne 2004.
- UE. Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal officiel de l'Union européenne 2000.
- UE. Directive n° 2003/11/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 juin 2003 portant vingt-quatrième modification de la directive 76/769/CEE du Conseil concernant la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses (pentabromodiphénylether, octabromodiphénylether) (L 42/45). Journal officiel de l'Union européenne 2003.

Umweltbundesamt. Chemischer Zustand der Fließgewässer:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/fliessgewaesser/chemischer-zustand-der-fliessgewaesser#der-chemische-zustand-der-gewasser>. last access July 23, 2024, 2023.

US-EPA. EPA and 3M announce phase out of PFOS (release date 05/16/2000). 2000.

Van den Berg M, Birnbaum LS, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, et al. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological sciences* 2006; 93: 223-241.

Vermeirissen E, Kase R, Werner I : The occurrence of 12 EU priority substances in Swiss Wang P, Liu D, Yan S, Cui J, Liang Y, Ren S. Adverse Effects of Perfluorooctane Sulfonate on the Liver and Relevant Mechanisms. *Toxicics* 2022; 10: 265.

Wen Y, Rashid F, Fazal Z, Singh R, Spinella MJ, Irudayaraj J. Nephrotoxicity of perfluorooctane sulfonate (PFOS)—effect on transcription and epigenetic factors. *Environmental Epigenetics* 2022; 8.

Annexes

Nachfolgend werden die Substanzen und Substanzgruppen beschrieben, sowie die Belastungskarten der betrachteten Schadstoffe beziehungsweise Schadstoffgruppen dargestellt. Le chapitre A.2 présente les cartes des pressions sans normalisation correspondante, tandis que le chapitre A.3 présente les cartes des pressions après normalisation préalable au taux de matières sèches (mercure et SPFO) ou au taux de lipides (tous les autres polluants).

Les cartes des pressions montrent à chaque fois les valeurs moyennes de la période 2016-2022 (poissons) ou 2016-2023 (coquillages) et font ainsi suite au rapport précédent de la CIPR pour les années 2014/2015 (CIPR 2018). Dans la mesure du possible, les données présentées ont été normalisées en fonction de l'enjeu pertinent selon la directive-cadre Eau, donc soit au filet (enjeu de la santé humaine), soit au poisson entier (enjeu de l'écosystème). Conformément à l'évaluation présentée au chapitre 4.1.4, les données se rapportent soit aux omnivores et aux carnivores, soit aux omnivores uniquement, en fonction de la substance. Le PFOS constitue une exception : on dispose ici de cartes des pressions tant pour le jeu de données des omnivores que pour celui de tous les poissons.

Dans le cas du mercure et des PFOS, les taux de matières sèches manquants ont été remplacés lors de la normalisation nécessaire au taux de matières sèches par des valeurs de substitution de 21,5 % dans le filet et de 25,9 % dans le poisson entier, afin de tenir compte de toutes les valeurs.

Le chapitre A.4 présente en outre sous forme de tableau les échantillons de poissons et de coquillages, y compris les données biométriques.

A.1 Substances et groupes de substances

Les douze substances et groupes de substances étudiés dans le cadre de ce projet sont présentés ci-dessous dans des fiches descriptives concises. Le diphényléthers polybromés et le hexabromocyclodécane sont présentés conjointement en tant que retardateurs de flammes dans le chapitre A.1.8. Un tableau synoptique regroupant les normes de qualité environnementale en vigueur pour toutes les substances / groupes de substances se trouve au chapitre A.1.12.

A.1.1 Benzo(a)pyrène

Nom de la substance : benzo(a)pyrène
Abréviation : benzo(a)pyrène
CAS : 50-32-8

Le benzo(a)pyrène est un hydrocarbure polycyclique aromatique (HPA) issu de la combustion incomplète de matières organiques (p. ex. bois, pétrole, charbon). Parmi les sources d'émission d'HPA, il y a donc les gaz de combustion des véhicules et de l'industrie, certains rejets industriels, les eaux de ruissellement routières et les incendies. La fumée de cigarette et le barbecue au charbon peuvent également constituer des sources d'exposition pour la santé humaine. Le benzo(a)pyrène qui arrive dans l'atmosphère peut ensuite être transporté par le vent sur de larges superficies et arriver ainsi dans les sols et les masses d'eau. Il est considéré comme cancérogène, mutagène, reprotoxique et bioaccumulable. Le benzo(a)pyrène a en particulier un effet toxique aigu et chronique pour les organismes aquatiques. Pour ces raisons, il a été ajouté dans la liste de substances candidates de l'ECHA conformément au règlement REACH (ECHA, 2016).

A.1.2 Dicofol

Nom de la substance : dicofol
Abréviation : dicofol
CAS : 115-32-2

Le dicofol est un acaricide de structure chimique similaire au DDT (*p,p'*-dichlorodiphényltrichloroéthane). Le produit technique contient en outre de faibles quantités de DDT et d'analogues chimiques du DDT. Le log Kow du dicofol est compris entre 3,5 et 6,06 et le potentiel de bioaccumulation est également élevé avec des facteurs de bioconcentration (BCF) entre 6 100 et 43 000 dans les poissons. La substance est surtout stockée dans le tissu adipeux. Par ailleurs, le dicofol est toxique pour les organismes aquatiques et provoque un amincissement des coquilles d'œufs d'oiseaux (PNUE, 2015). Il n'est plus autorisé au sein de l'UE depuis 2008 car le risque qu'il représente pour le

consommateur n'est pas suffisamment évalué (UE, 2008). Le dicofol est inscrit dans la liste des substances candidates de la Convention de Stockholm (PNUE, 2013b ; PNUE, 2017).

A.1.3 Fluoranthène

Nom de la substance : fluoranthène
Abréviation : fluoranthène
CAS : 206-44-0

Comme le benzo(a)pyrène (cf. A.1.1), le fluoranthène est un hydrocarbure polycyclique aromatique (HPA) produit en cas de combustion incomplète de matières organiques. Il est considéré comme mutagène et fortement bioaccumulable et a donc été ajouté dans la liste de substances candidates de l'ECHA conformément au règlement REACH (ECHA, 2018).

A.1.4 Heptachlore et époxyde d'heptachlore

Nom de la substance : heptachlore et époxyde d'heptachlore
Abréviation : HC+HCE
CAS : 76-44-8 et 1024-57-3

L'heptachlore (HC) est un insecticide très efficace anciennement appliqué par ex. dans la lutte contre les termites et le moustique anophèle. L'heptachlore et plus encore son produit de dégradation époxyde d'heptachlore sont très persistants dans l'environnement. Avec des log Kow de 5,40 à 6,10, ces substances ont un potentiel de bioaccumulation élevé avec des BCF dans les poissons pouvant atteindre 11 000. Les concentrations les plus élevées sont observées dans les tissus riches en graisse (Ritter et al., 1995 ; OMS, 2006). L'heptachlore est toxique et soupçonné cancérogène. Depuis la ratification de la Convention de Stockholm en 2004 (UE, 2004 ; PNUE, 2001), l'heptachlore est interdit dans le monde entier.

A.1.5 Hexachlorobenzène

Nom de la substance : hexachlorobenzène
Abréviation : HCB
CAS : 118-74-1

L'hexachlorobenzène (HCB) est un fongicide très largement répandu par le passé et qu'on utilisait entre autres pour traiter les semences et pour protéger le bois. C'est également un plastifiant et un stabilisant dans différents processus industriels, un produit chimique de base dans la production d'autres composés organochlorés tels que le pentachlorophénol, et un métabolite de pesticides organochlorés. La production et l'utilisation de l'hexachlorobenzène est restreinte dans l'UE depuis les années 1980. Malgré tout, de petites quantités d'HCB

peuvent encore rejoindre l'environnement du fait de l'utilisation de pesticides chlorés, de la fabrication de solvants ou de pesticides chlorés ou de la lixiviation de bois traité (Hillenbrand et al. 2007). Le log Kow de l'hexachlorobenzène est compris entre 5,5 et 6,2 (PubChem, 2024) et cette substance s'accumule fortement dans les organismes, principalement dans les tissus riches en graisse. Le BCF moyen est de 128 000 pour les poissons (Moermond & Verbruggen 2013). De plus, l'hexachlorobenzène est toxique et reprotoxique. La Convention de Stockholm a interdit cette substance à l'échelle mondiale en 2001 (UE, 2004 ; PNUE, 2001).

A.1.6 Hexachlorobutadiène

Nom de la substance : hexachlorobutadiène
Abréviation : HCBD
CAS : 87-68-3

L'hexachlorobutadiène a surtout été utilisé comme solvant d'autres composés chlorés, par exemple dans la fabrication de chlore gazeux ou comme solvant d'élastomères. Il entrait également dans la composition de lubrifiants et de produits phytosanitaires.

L'hexachlorobutadiène est un sous-produit de fabrication d'autres composés chlorés tels que le tétrachlorocarbone ou le tétrachloroéthène (PNUE, 2012b). Sa dégradation est lente dans le milieu naturel. L'hexachlorobutadiène a une forte toxicité aquatique et est considéré comme cancérogène. En raison de son log Kow élevé (3,7 - 4,9), il a tendance à s'adsorber aux particules et à s'accumuler dans les organismes (Hillenbrand et al., 2007 ; Lecloux, 2004). Des BCF jusqu'à 17 000 ont été mesurés dans les poissons. Les concentrations les plus élevées sont observées dans les tissus riches en graisse. La production et l'utilisation d'hexachlorobutadiène ont été interdites en 2015 dans le cadre de la Convention de Stockholm (PNUE, 2016).

A.1.7 Acide perfluorooctanesulfonique

Nom de la substance : acide perfluorooctanesulfonique
Abréviation : PFOS
CAS : 1763-23-1

L'acide perfluorooctanesulfonique (PFOS) appartient au groupe de produits des substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) et a été surtout utilisé comme agent d'imprégnation, par ex. pour les textiles. En outre, il a été un composant important des mousses d'extinction. Le PFOS rentrait également dans la composition de produits chimiques utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs et la photolithographie. Le PFOS est toxique, persistant dans l'environnement et caractérisé par un fort potentiel de bioaccumulation et de bioamplification (PNUE, 2006b). Il se lie aux protéines et les concentrations les plus élevées sont donc

constatées dans les tissus riches en protéines tels que ceux du foie, des reins et du sang (Forsthuber et al., 2020 ; Sheng et al., 2018 ; Wang et al., 2022 ; Wen et al., 2022). Le producteur principal 3M a renoncé volontairement depuis 2001 à produire du PFOS (US-EPA, 2000). Depuis 2008, l'utilisation de PFOS au sein de l'UE est limitée à des applications spéciales en photolithographie, galvanisation et technique aéronautique (UE, 2006). Des restrictions d'utilisation s'appliquent à l'échelle mondiale depuis 2009 en vertu de la Convention de Stockholm (PNUE, 2009b).

A.1.8 Polybromodiphényléthers et hexabromocyclododécane

Nom de la substance : polybromodiphényléthers
Abréviation : PBDE
CAS : - (mélange)

Nom de la substance : hexabromocyclododécane
Abréviation : HBCDD
CAS : - (mélange)

Les retardateurs de flamme bromés PBDE et HBCDD sont utilisés dans les matériaux de construction, les meubles rembourrés, les textiles, les emballages et les appareils électroniques et électriques. Ces deux substances entrent dans la catégorie des retardateurs de flamme, additifs qui ne sont pas liés chimiquement au produit et peuvent donc s'échapper relativement facilement dans le milieu ambiant.

Les PBDE étaient déjà utilisés dans les années 1980 alors que l'HBCDD n'a gagné en importance que dans le courant des années 1990 quand a été limitée l'utilisation de mélanges techniques de penta-BDE et d'octa-BDE (Covaci et al, 2006 ; Sellström et al., 1998).

La famille des PBDE regroupe 209 congénères possibles formés de 1 à 10 atomes de brome. Les mélanges les plus répandus sont ceux qui contiennent principalement des congénères pentabromés, octabromés et décabromés. Les congénères les plus courants dans le pentaBDE technique (n° CAS 32534-81-9) sont le 2,2',4,4'-tétraBDE (BDE-47) et le 2,2',4,4',5-pentaBDE (BDE-99), alors que le 2,2',3',4,4',5',6-heptaBDE (BDE-183) est le composant principal de l'octaBDE technique (n° CAS 32536-52-0). Le décaBDE technique (n° CAS 1163-19-5) se compose principalement de BDE-209.

L'HBCDD commercial est constitué pour l'essentiel des trois diastéréoisomères α -HBCDD, β -HBCDD et γ -HBCDD (n° CAS 134237-50-6, 134237-51-7 et 134237-52-8). Le diastéréoisomère γ domine avec un pourcentage de 70 à 95 % alors que l' α -HBCDD et le β -HBCDD ne représentent qu'env. 5 à 30 % du total.

Le pentaBDE, l'octaBDE et l'HBCDD sont toxiques, persistants dans l'environnement et bioaccumulables, avec des log Kow de 6,64 à 6,97 (PentaBDE), 6,29 (OctaBDE) et 5,63 (HBCDD). Les concentrations les plus élevées sont observées dans les tissus riches en

graisse. De plus, ces substances s'accumulent dans la chaîne alimentaire (PNUE, 2006a ; PNUE, 2007 ; PNUE, 2010). Depuis les années 1990, l'industrie chimique allemande renonce à produire du pentaBDE et de l'octaBDE ; ces substances sont interdites dans l'UE depuis 2004 (UE, 2003). Dans le cadre de la Convention de Stockholm, les utilisations de pentaBDE et d'octaBDE sont fortement restreintes à l'échelle mondiale depuis 2009 (PNUE, 2009a ; PNUE, 2009c).

Des programmes volontaires de réduction des émissions d'HBCDD ont été engagés en 2004 et 2006 (EBFRIP, 2009). La Convention de Stockholm a sensiblement rabaisé l'utilisation de cette substance en 2013 (PNUE, 2013a).

A.1.9 Dioxines et composés de type dioxine

Nom de la substance : polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes (PCDD/F) et polychlorobiphényles de type dioxine
Abréviation : PCDD/F + dl-PCB
CAS : - (mélange/paramètre de groupe)

Les PCDD/F et les PCB de type dioxine sont des composés issus involontairement de divers processus industriels sous forme de sous-produits. Les PCDD/F résultent par ex. de la combustion de matériaux organiques dans des conditions non optimales tels que dans les feux en plein air et les usines d'incinération mal exploitées. Ils sont par ailleurs des sous-produits des processus de fabrication de pesticides et de blanchiment de la pâte à papier. Les principaux responsables d'émissions de PCDD/F par le passé ont surtout été l'industrie du chlore et de la soude, l'industrie des métaux non ferreux, les usines d'incinération des déchets et les centrales thermiques. Les PCB de type dioxine entrent dans la composition de tous les mélanges de PCB largement utilisés jusque dans les années 1980, par ex. dans les lubrifiants, les liquides hydrauliques, les liquides de refroidissement et d'isolation, les plastifiants, les stabilisateurs de revêtements plastiques et les retardateurs de flamme. Parmi les 209 congénères de PCB existants, 12 sont regroupés avec 7 dioxines sélectionnées et 10 furanes dans le calcul de teneurs limites et pour la détermination de la norme de qualité environnementale sur les dioxines et les furanes, du fait de leurs propriétés de type dioxine (dl-PCB). Les PCB et les PCDD/F sont liposolubles et s'accumulent dans les tissus riches en graisse des organismes. Les log Kow des 17 dioxines et furanes sont compris entre 6,46 et 8,75, ceux des 12 PCB de type dioxine entre 5,13 et 7,98 (Becker et al. 2010). Ces substances sont hautement toxiques, cancérogènes et classés perturbateurs endocriniens (OMS, 2023). La toxicité des PCDD/F et des PCB de type dioxine est exprimée par des équivalents de toxicité (TEQ) qui se réfèrent au congénère de dioxine le plus toxique, à savoir la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-TCDD, poison Seveso) (Van den Berg et al., 2006). D'après la Convention de Stockholm, les PCDD/F et les PCB de type dioxine sont interdits depuis 2001 (PNUE, 2001).

A.1.10 Polychlorobiphényles

Nom de la substance : polychlorobiphényles
Abréviation : PCB
CAS : - (mélange)

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des composés fortement toxiques qui ont été utilisés dans de nombreuses applications jusque dans les années 1980 (voir plus haut). Environ 130 congénères de PCB différents entrent dans la fabrication de mélanges commerciaux. De nombreux PCB sont persistants dans l'environnement et disposent d'un fort potentiel de bioaccumulation. Les concentrations maximales apparaissent dans les tissus riches en graisse (log Kow congénères susmentionnés : 5,67 - 7,36 ; Becker et al., 2010). Les PCB ne sont plus produits en Allemagne depuis 1983 et leur utilisation est fortement restreinte dans l'UE depuis 1985. Des restrictions à l'échelle mondiale ont suivi en 2001 dans le cadre de la Convention de Stockholm (PNUE, 2001).

A.1.11 Mercure

Nom de la substance : mercure
Abréviation : Hg
CAS : 7439-97-6

Le mercure (Hg) est un métal ubiquiste dans l'environnement. On le trouve sous une multitude de formes physiques et chimiques. Les formes les plus significatives sont le mercure élémentaire et les composés de mercure monométhylique (CH_3HgX , MeHg). Le MeHg est particulièrement problématique en raison de sa toxicité très élevée et de son fort potentiel bioaccumulable et bioamplificateur (Commission européenne, 2005 ; Merian et al., 2004). Étant donné que le mercure se lie aux protéines du groupe des thiols (groupe SH), les concentrations les plus élevées se trouvent dans les tissus riches en protéines SH, comme par ex. le tissu musculaire (Eisler, 2007). Une part très importante de la contamination par le mercure provient d'activités humaines, une baisse des pressions sur l'environnement n'est donc possible que par une réduction des émissions. Il a donc été conclu en 2013 un accord global de protection de la santé humaine et de l'environnement contre le mercure nommé Convention de Minamata (PNUE, 2012a). Cette convention contient des mesures telles que l'interdiction d'exploiter de nouvelles mines de mercure, l'obligation de fermer les anciennes et la prise de mesures de contrôle des émissions.

A.1.12 Vue d'ensemble

Les normes de qualité environnementale (NQE) ainsi que la matrice correspondante pour les contrôles des substances et groupes de substances étudiés dans cette étude sont regroupées dans le Tableau 21 ci-dessous.

Tableau 21 : NQE des substances et groupes de substances étudiées.

(Groupe de) substance(s)	Abréviation	Composition	NQE biote ¹⁷ [µg/kg PF]	Matrice de contrôle	Enjeu
Benzo(a)pyrène	-/-	Benzo(a)pyrène	5	Crustacés et mollusques	Santé humaine
Dicofol	-/-	Dicofol	33	Poissons	Ecosystème
Fluoranthène	-/-	Fluoranthène	30	Crustacés et mollusques	Santé humaine
Heptachlore et époxyde d'heptachlore	HC + HCE	HC + HCE	0,0067	Poissons	Santé humaine
Hexabromocyclododécane	HBCDD	Somme des diastéréoisomères α-HBCDD, β-HBCDD et γ-HBCDD	167	Poissons	Ecosystème
Hexachlorobenzène	HCB	HCB	10	Poissons	Santé humaine
Hexachlorobutadiène	HCBD	HCBD	55	Poissons	Ecosystème
Perfluorooctane sulfonate	PFOS	PFOS	9,1	Poissons	Santé humaine
Diphényléthers polybromés	PBDE	Somme des BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154	0,0085	Poissons	Santé humaine
Polychlorodibeno-p-dioxines et dibenzofuranes (PCDD/F) et polychlorobiphényles de type dioxine	PCDD/F + dl-PCB	Somme de 7 PCDD + 10 PCDF, 12 PCB de type dioxine	0,0065 (TEQ OMS)	Poissons, crustacés et mollusques	Santé humaine et écosystème
Mercure	Hg	Hg	20	Poissons	Ecosystème

¹⁷ Conformément à la directive 2013/39/UE

A.2 Figures complémentaires : cartes de pressions sans normalisations

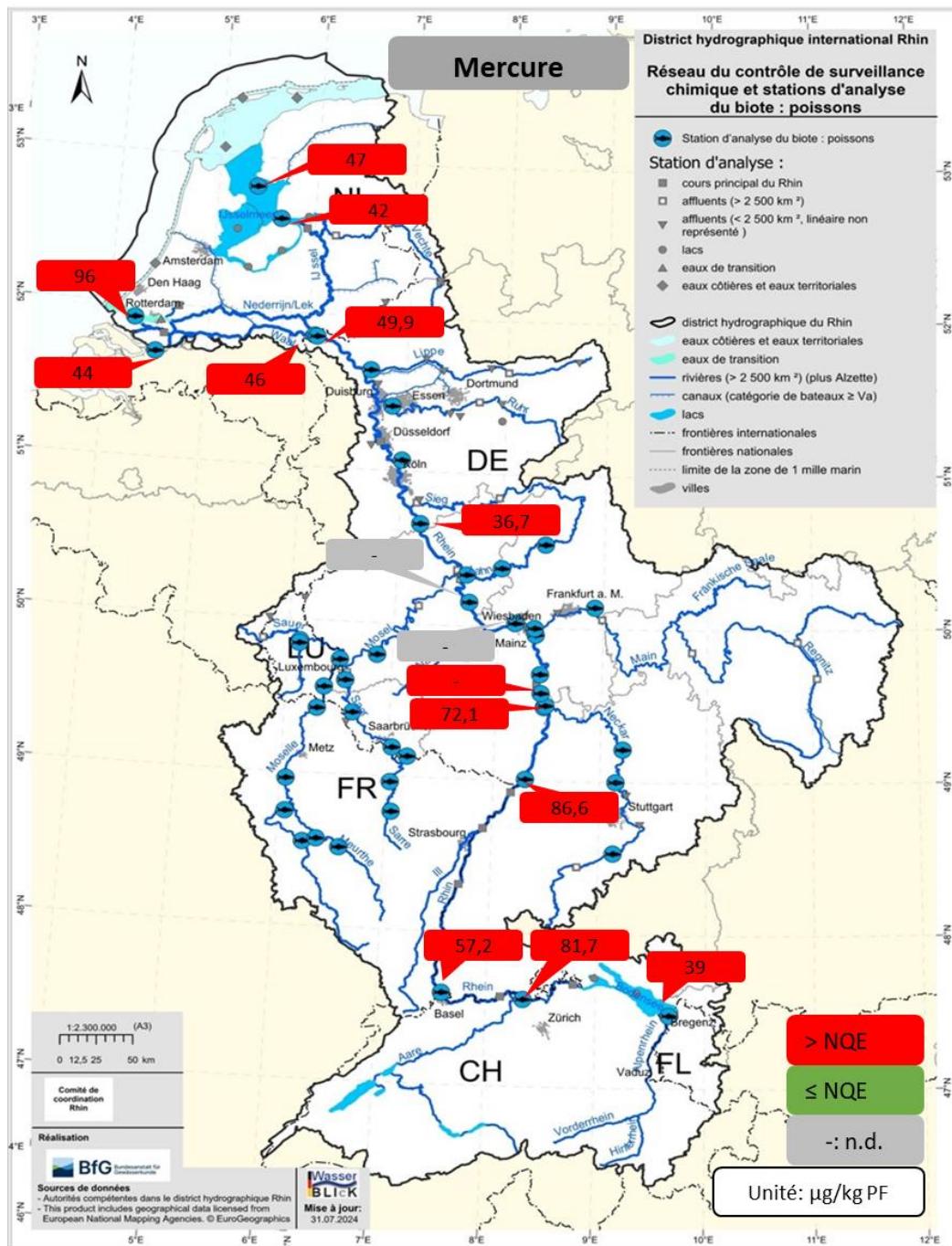


Figure 68 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1A : mercure dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 $\mu\text{g/kg PF}$).

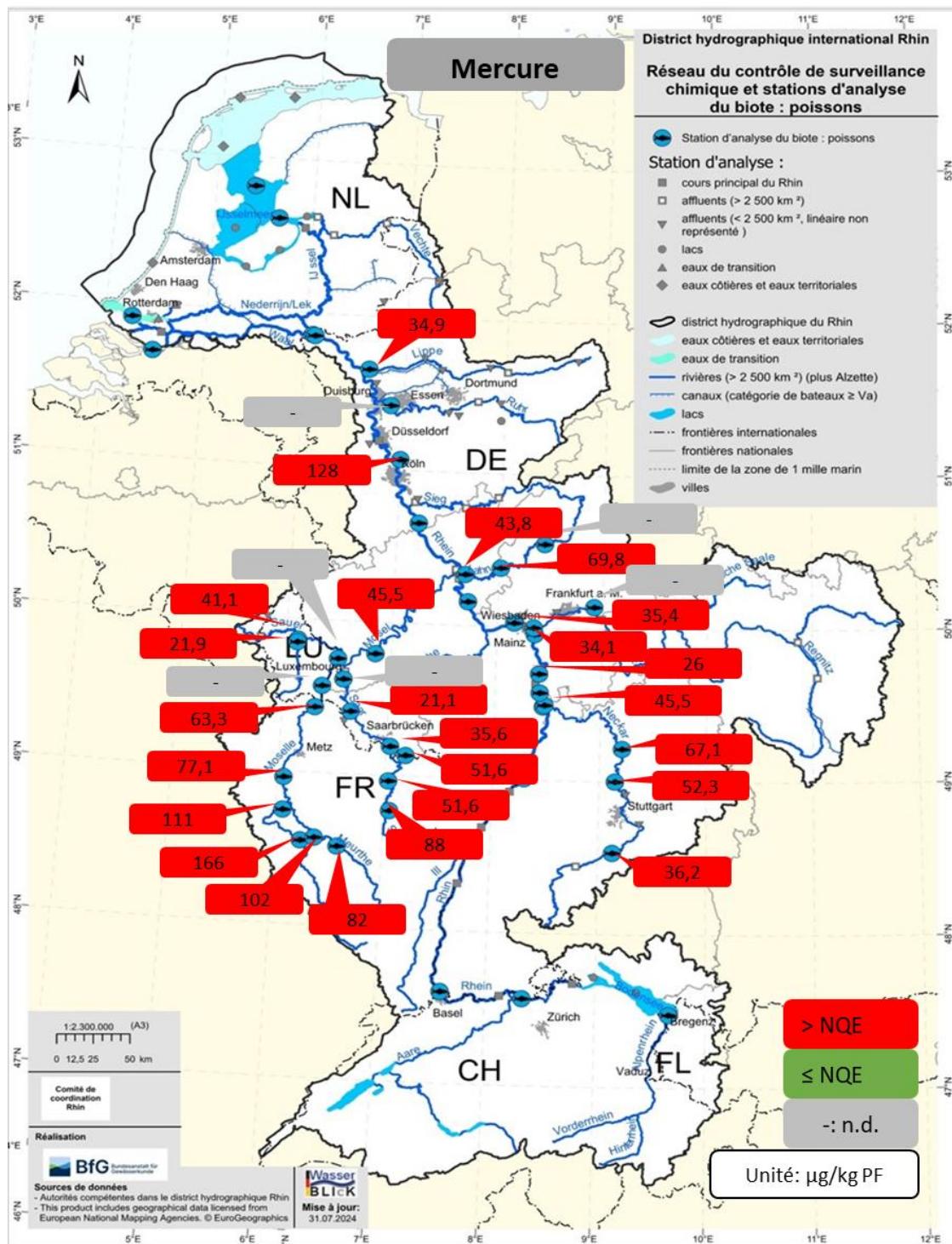


Figure 69 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1B : mercure dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 $\mu\text{g/kg PF}$).

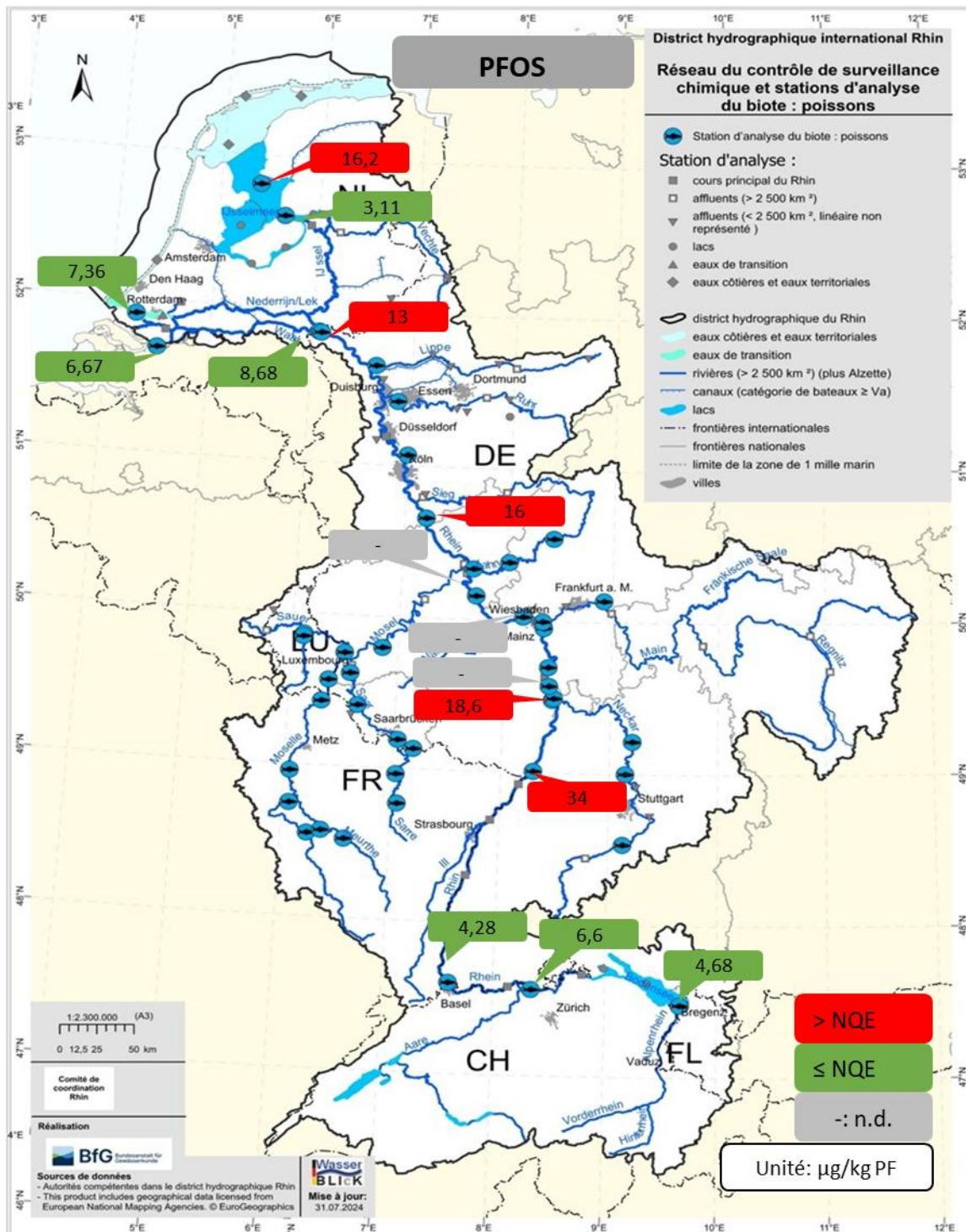


Figure 70 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2A : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 $\mu\text{g/kg PF}$).

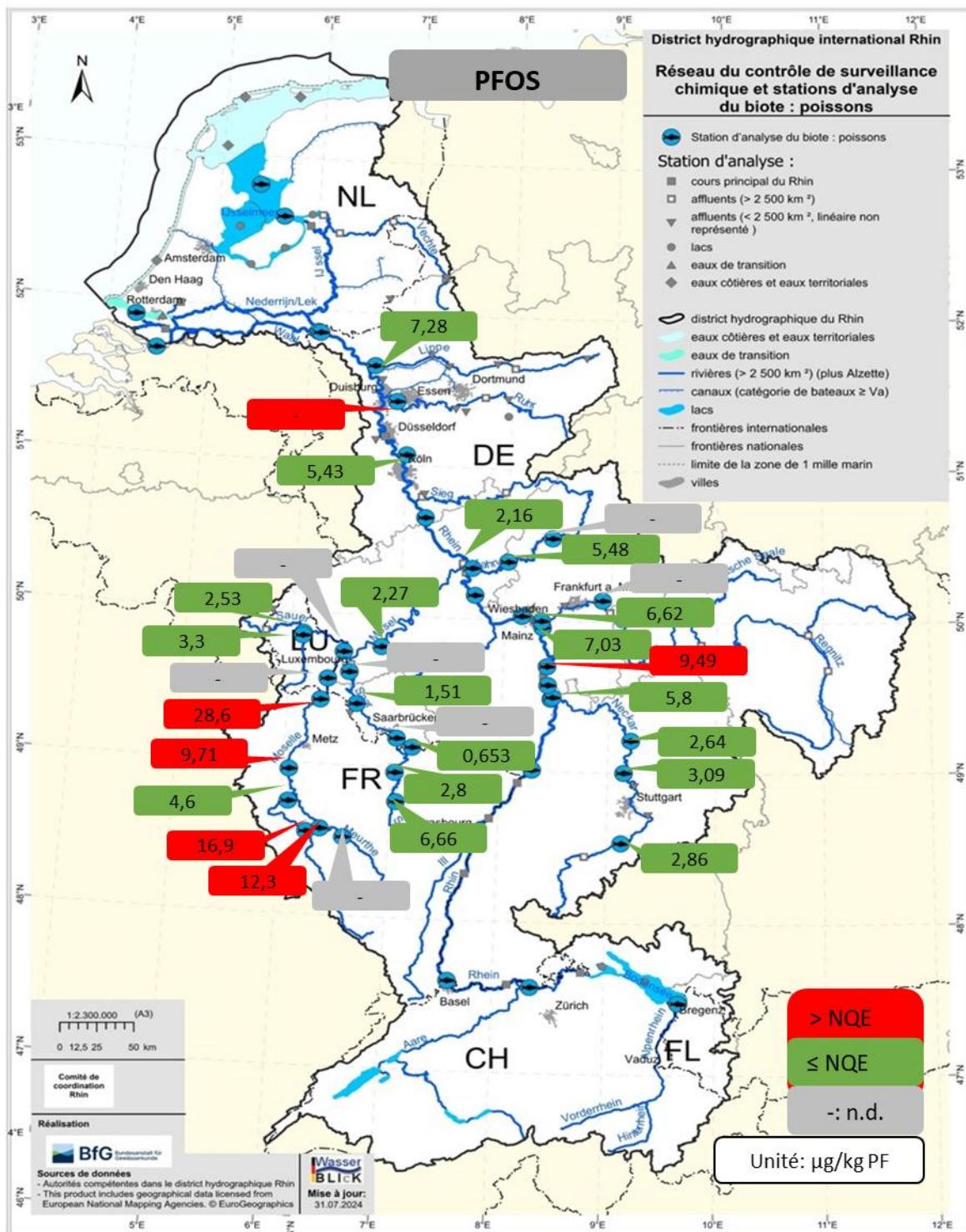


Figure 71 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2B : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 $\mu\text{g/kg PF}$).

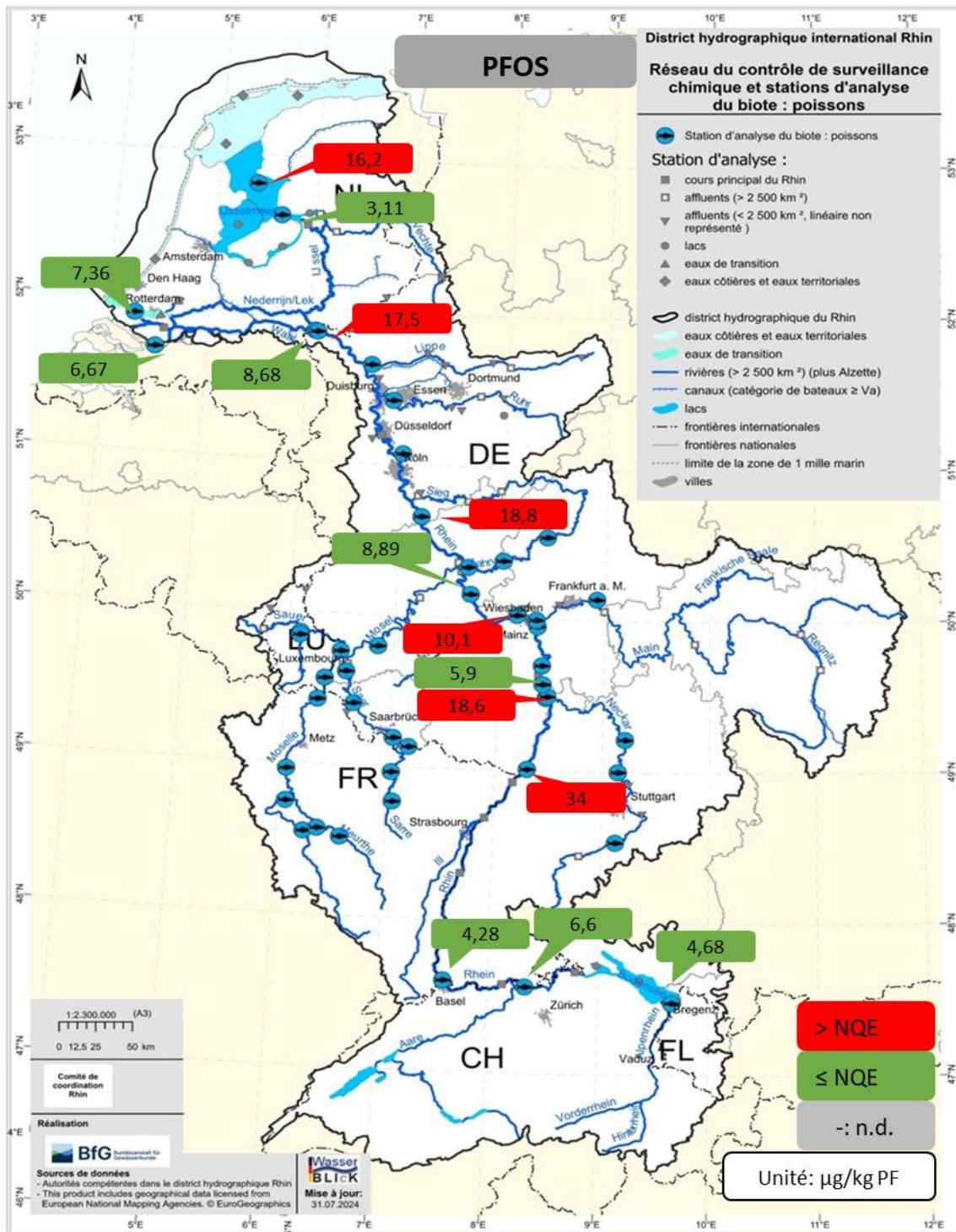


Figure 72 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2C : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 $\mu\text{g/kg PF}$).

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 148/221 -

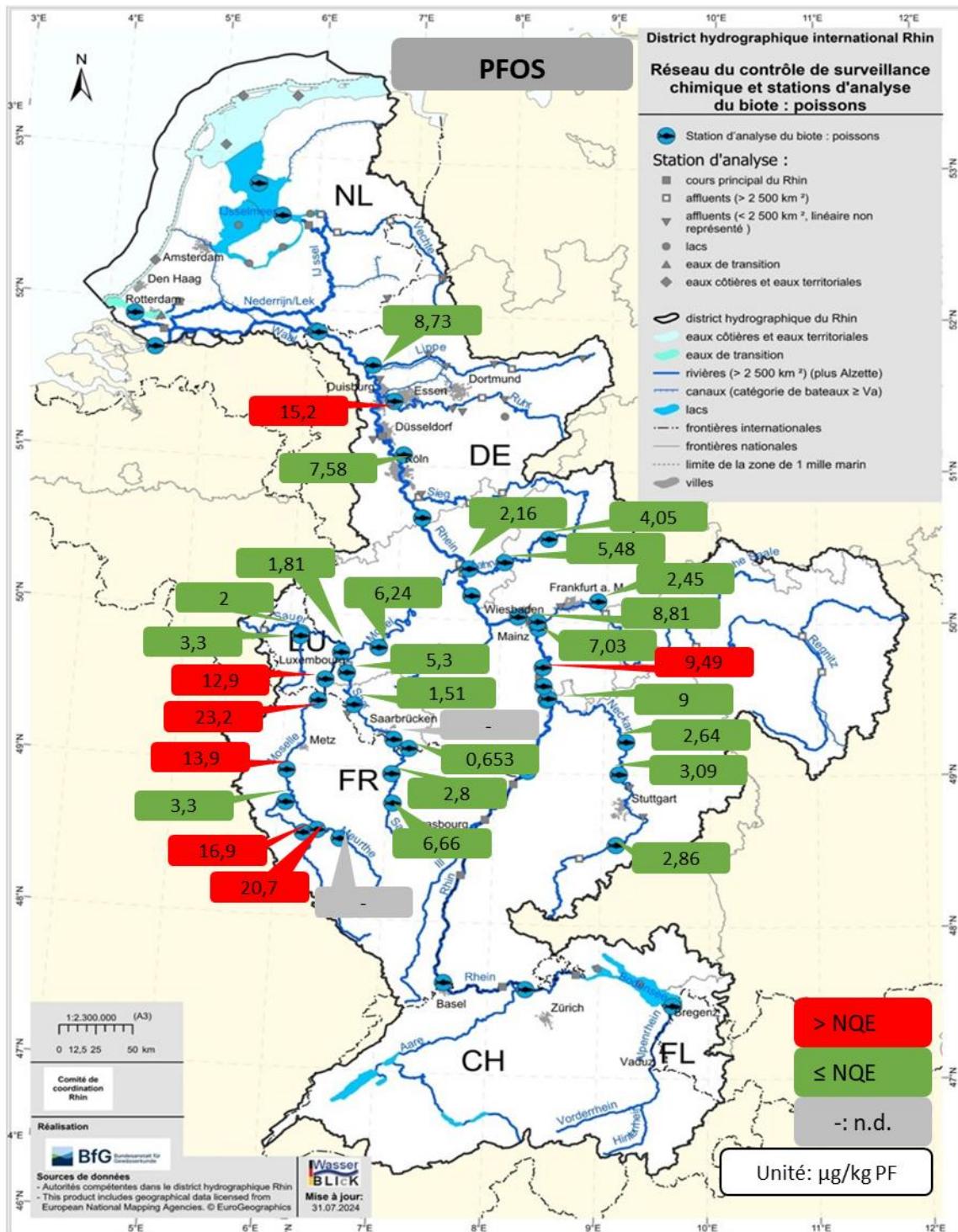


Figure 73 : Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2D : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).

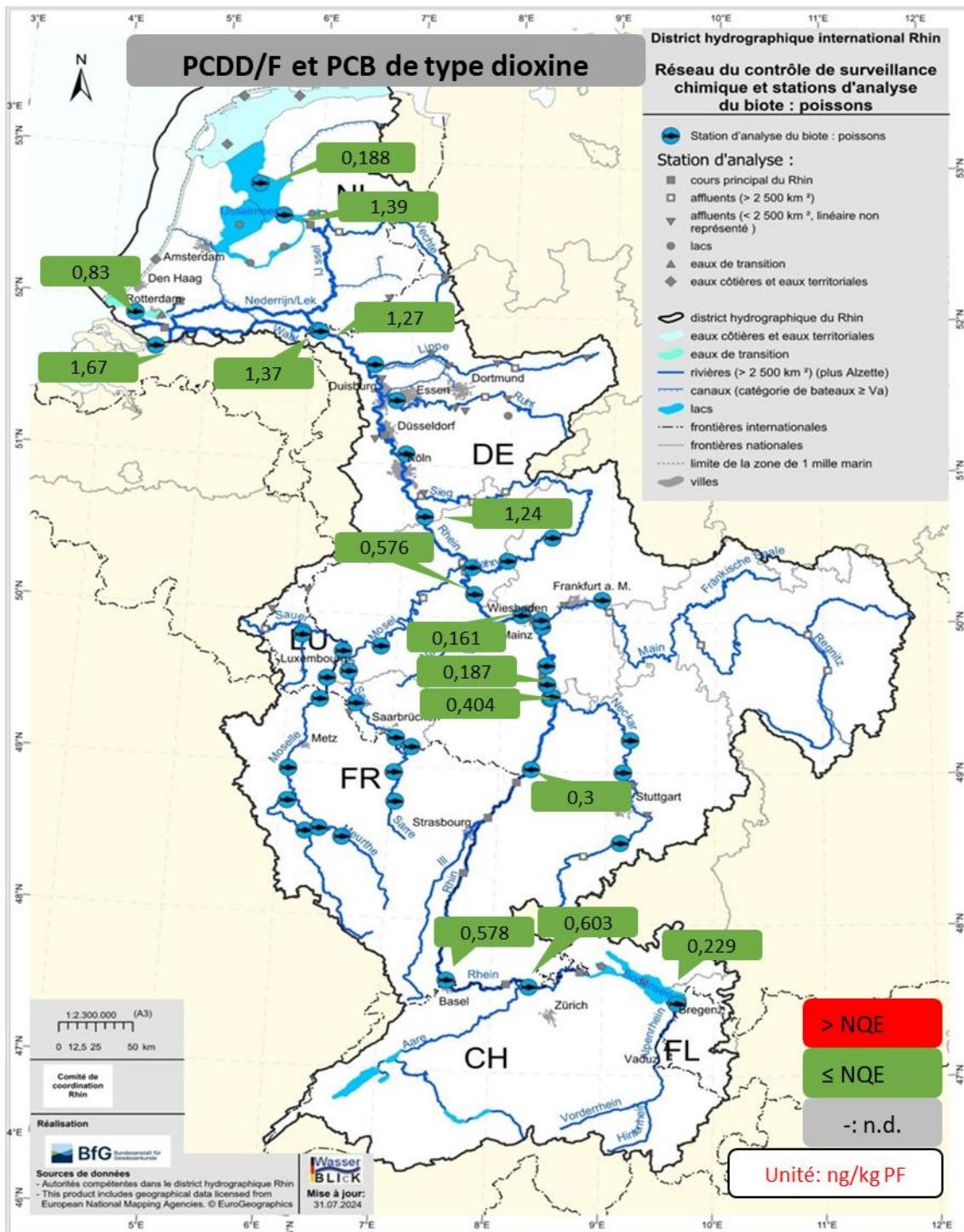


Figure 74 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3A : PCDD/F + PCB type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).

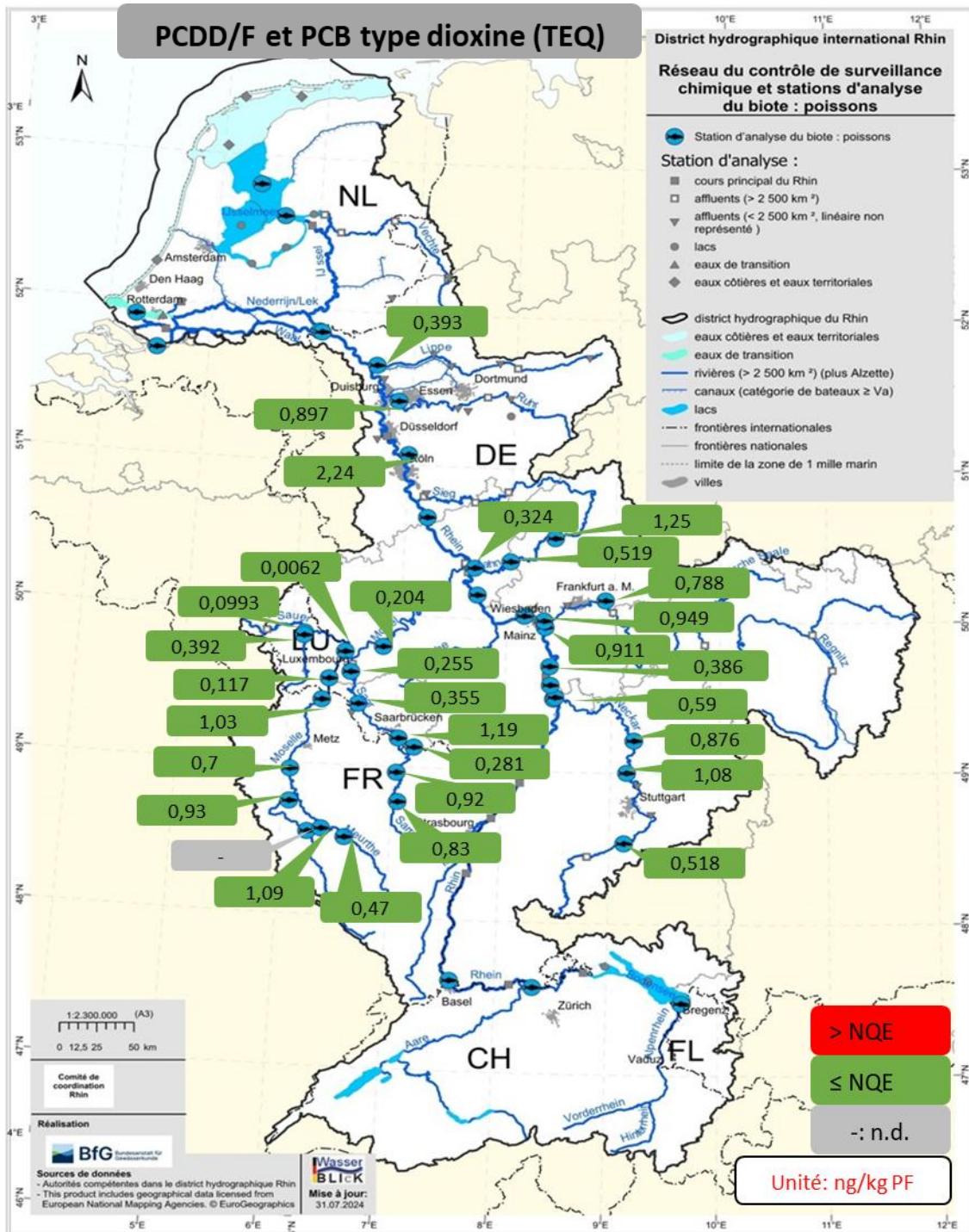


Figure 75 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3B : PCDD/F + PCB type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).

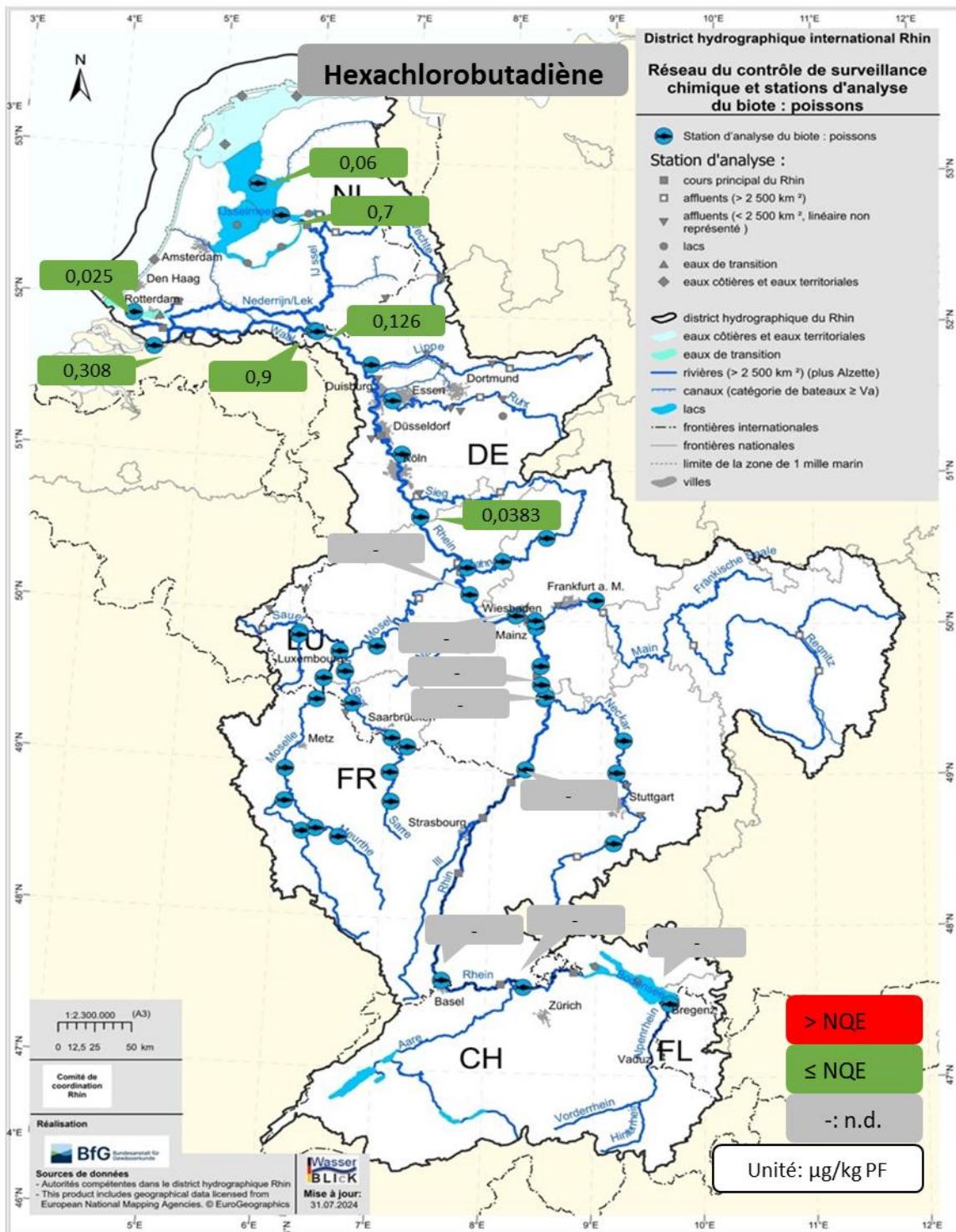


Figure 76 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4A : hexachlorobutadiène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 $\mu\text{g/kg PF}$).

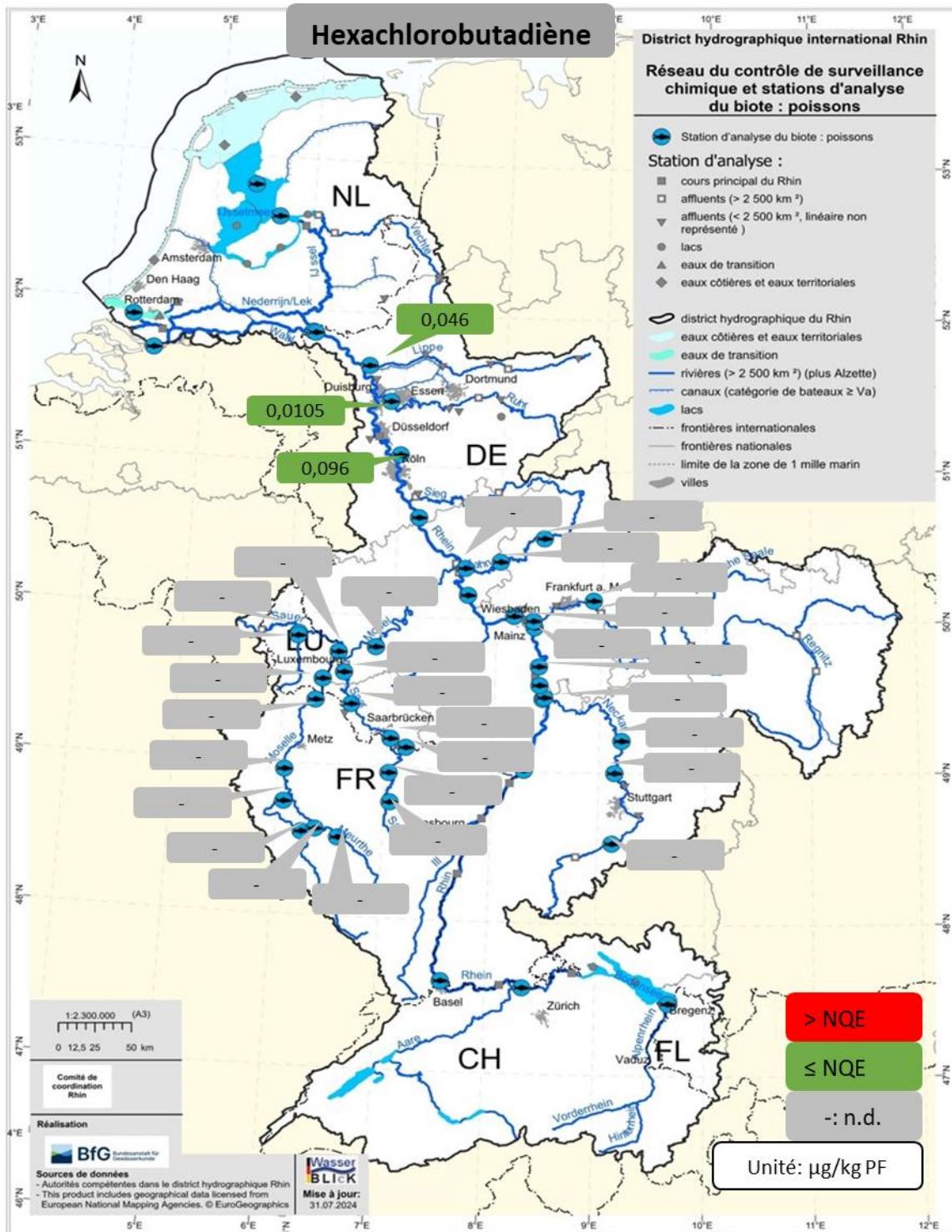


Figure 77 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4B : hexachlorobutadiène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 $\mu\text{g/kg PF}$).

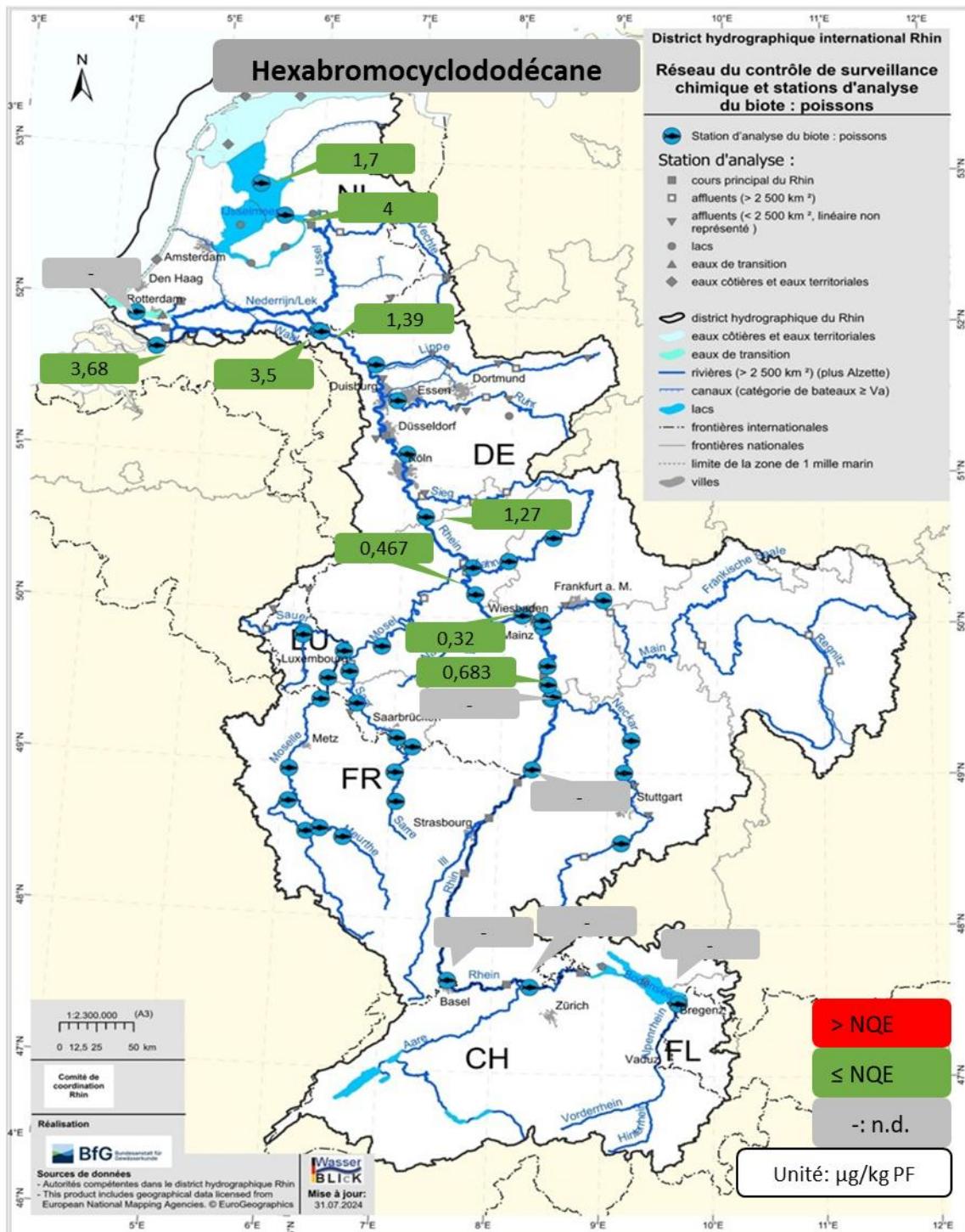


Figure 78 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5A : hexabromocyclododécane dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 $\mu\text{g/kg PF}$).

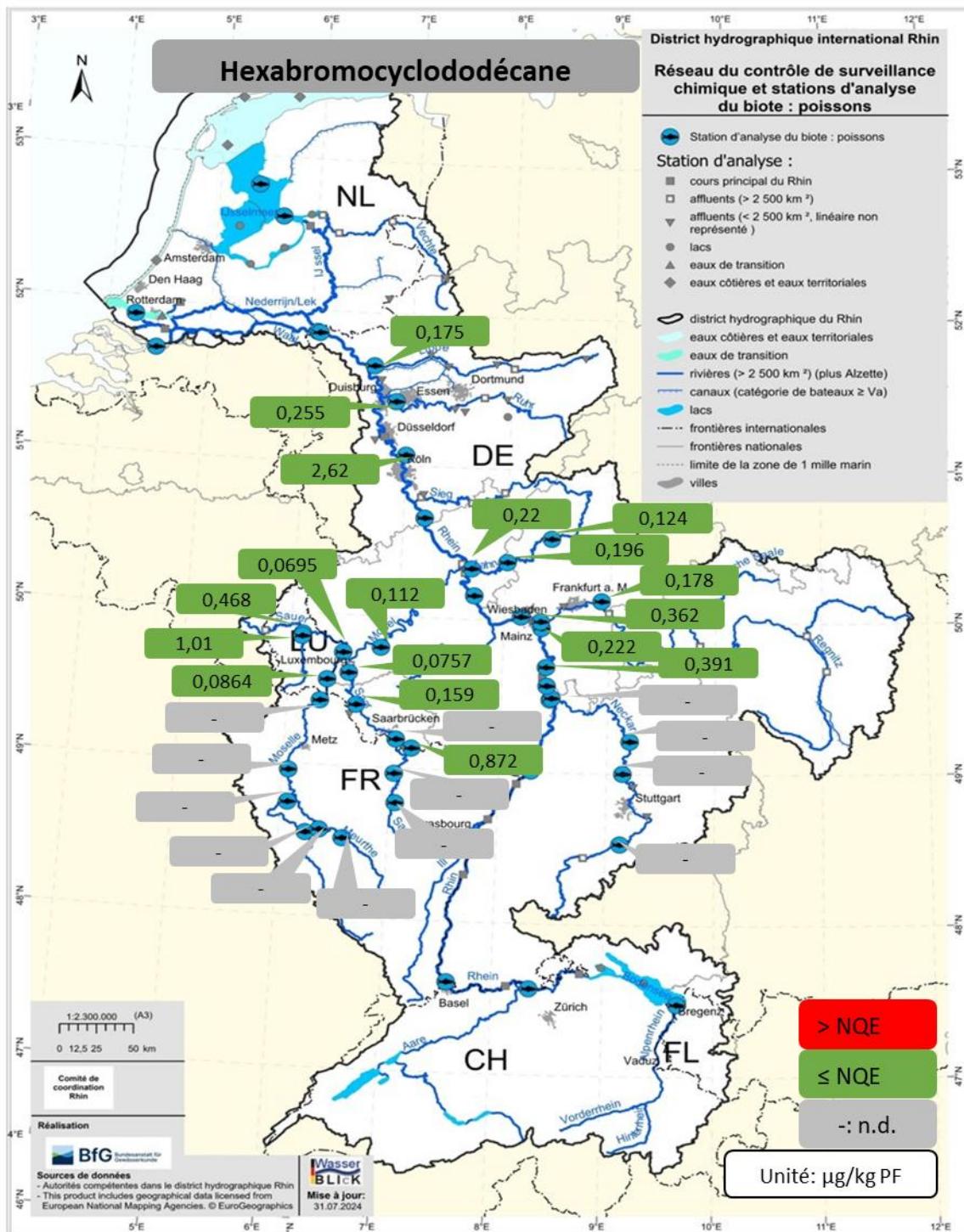


Figure 79 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5B : hexabromocyclododécane dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 $\mu\text{g/kg PF}$).

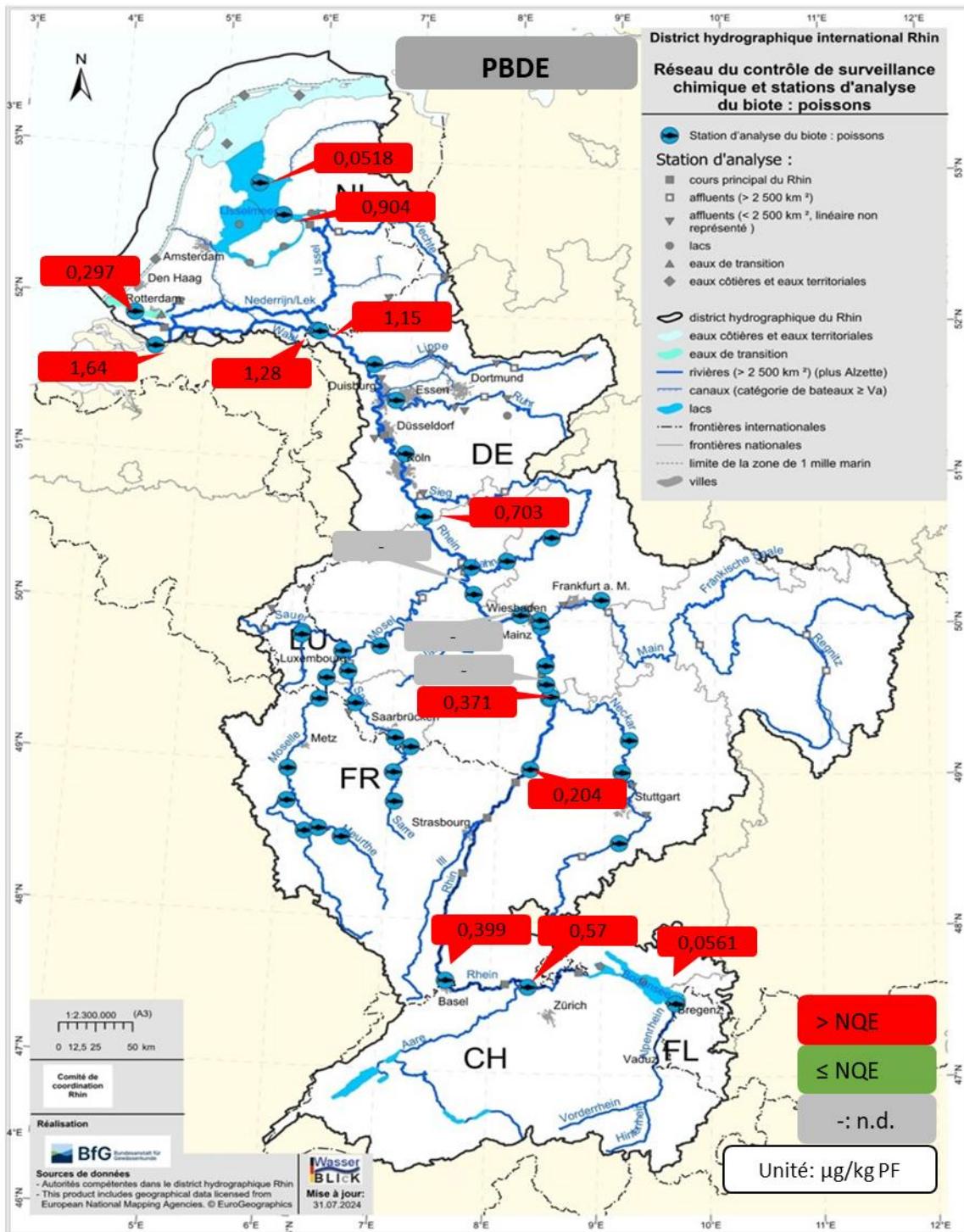


Figure 80 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6A : PBDE selon la DCE dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet ; uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 $\mu\text{g/kg PF}$).

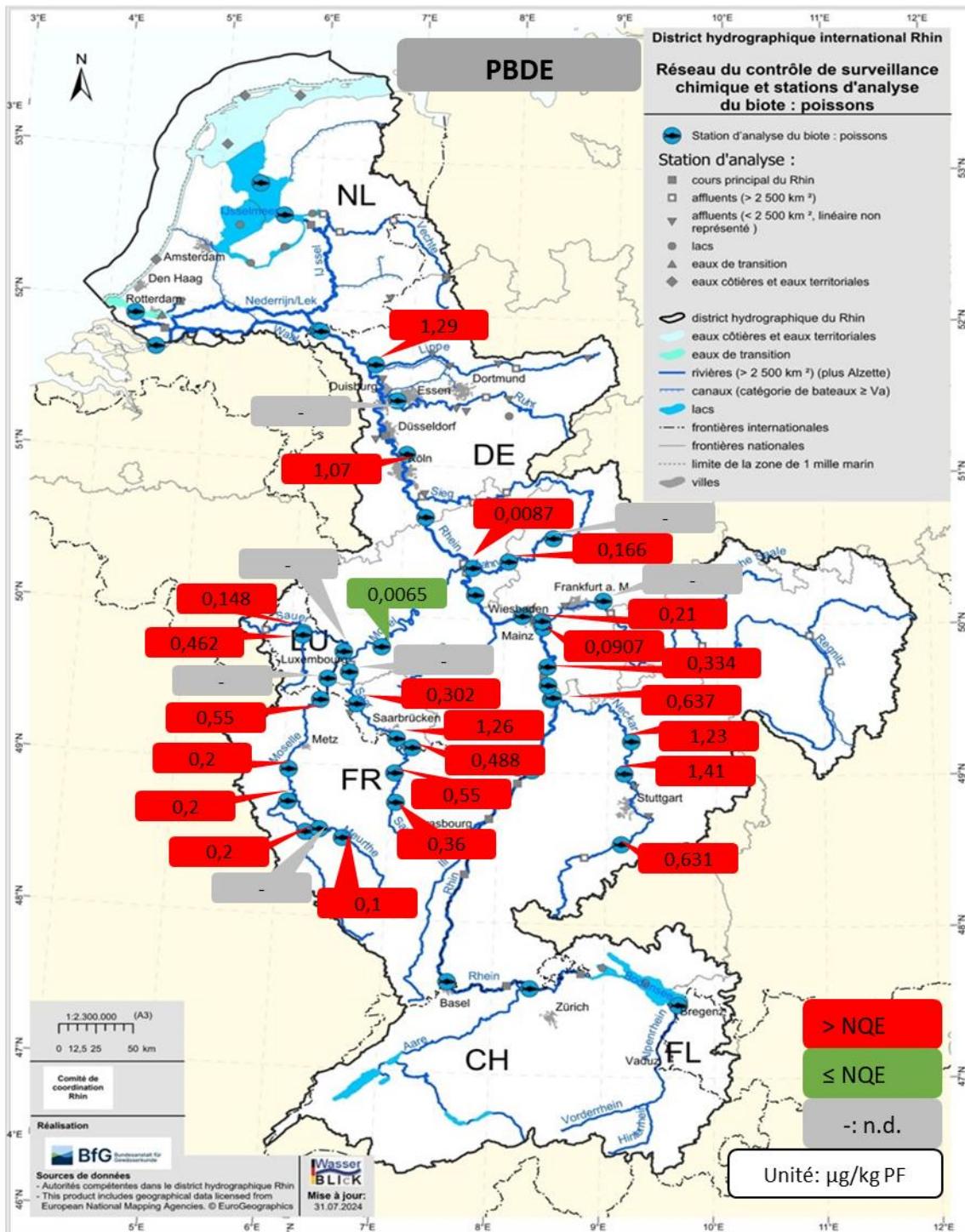


Figure 81 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6B : PBDE selon la DCE dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 $\mu\text{g/kg PF}$).

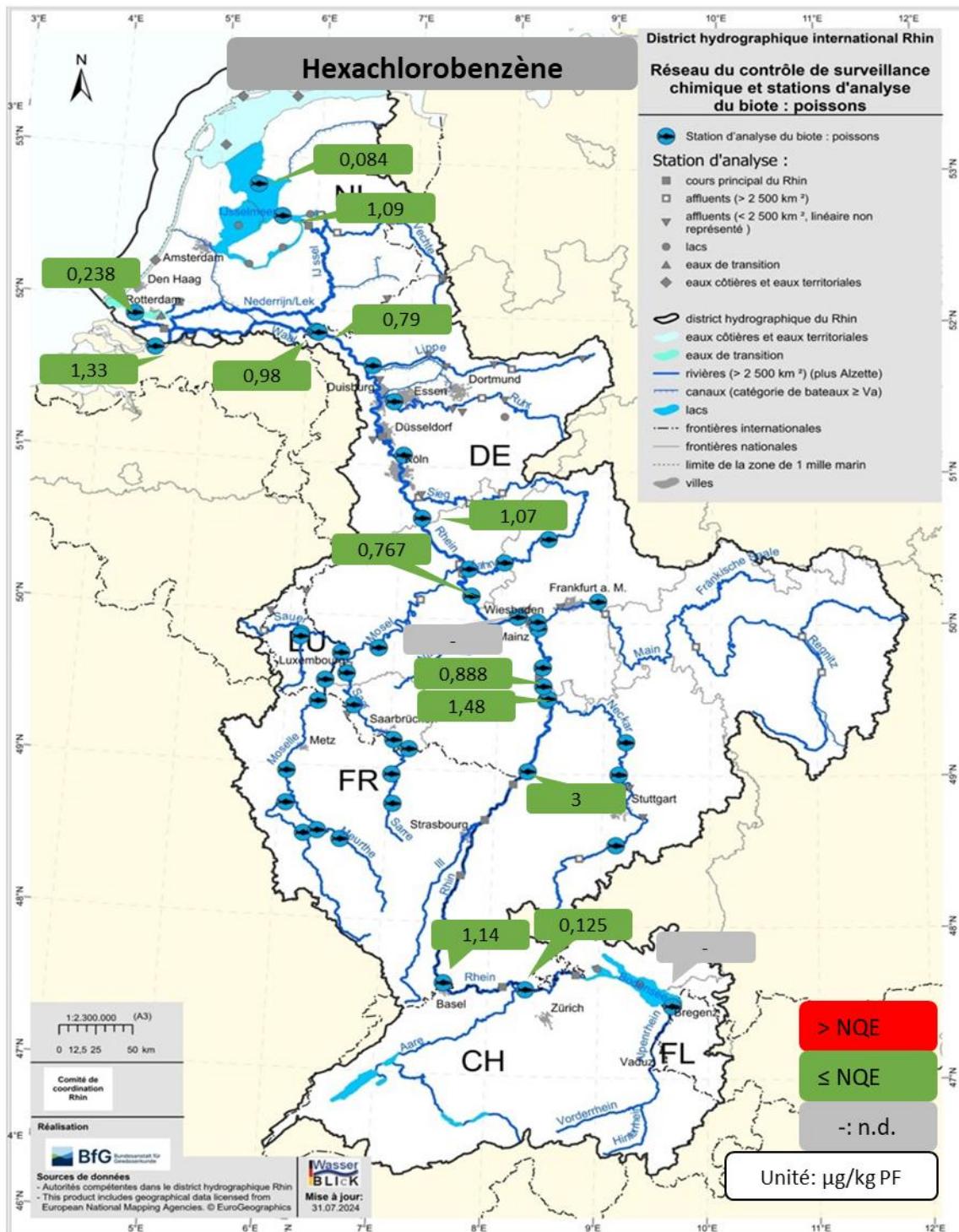


Figure 82 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7A : hexachlorobenzène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 $\mu\text{g/kg PF}$).

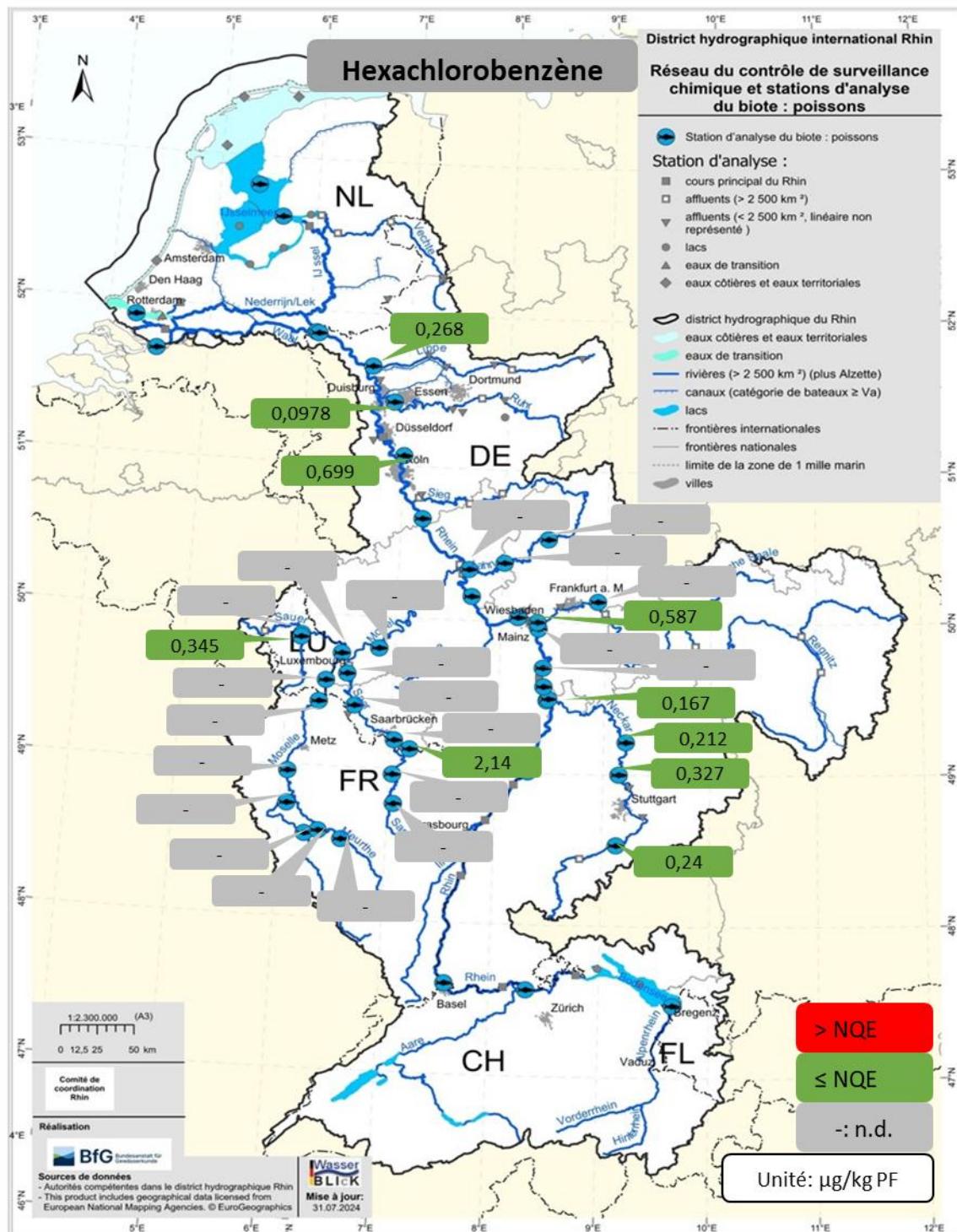


Figure 83 : Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7B : hexachlorobenzène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF).

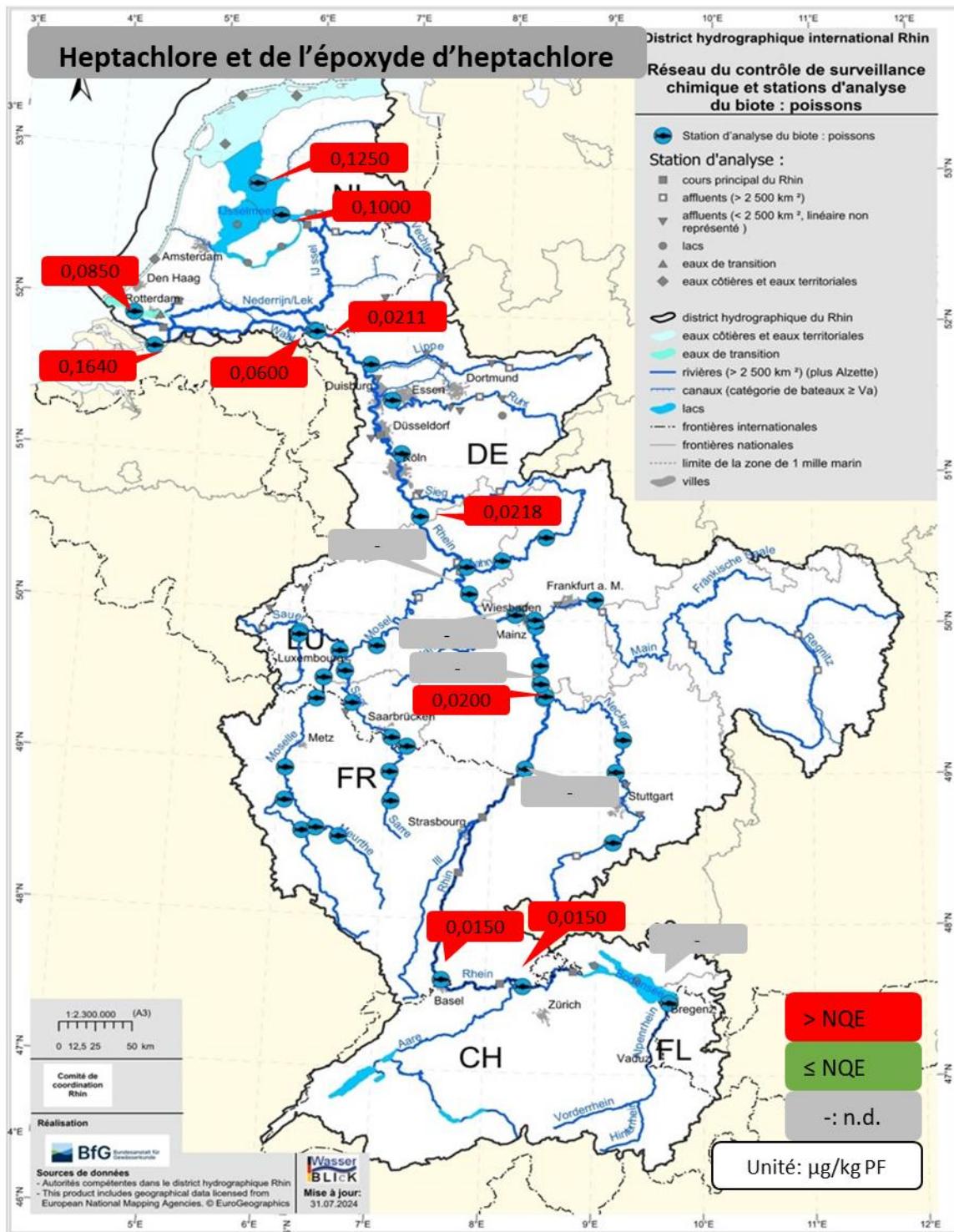


Figure 84 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9A : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 $\mu\text{g/kg PF}$).

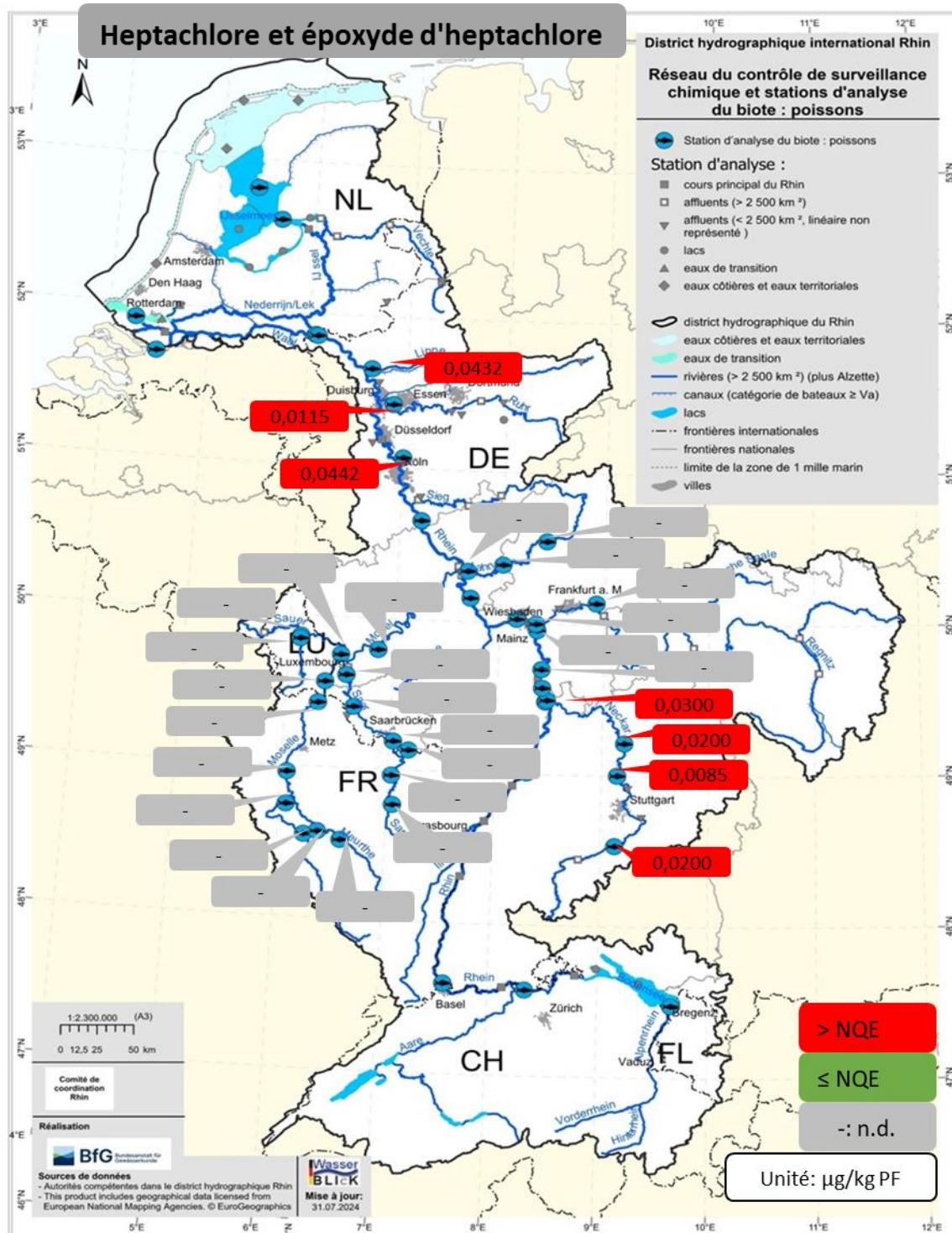


Figure 85 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9B : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : $0,0067 \mu\text{g/kg PF}$).

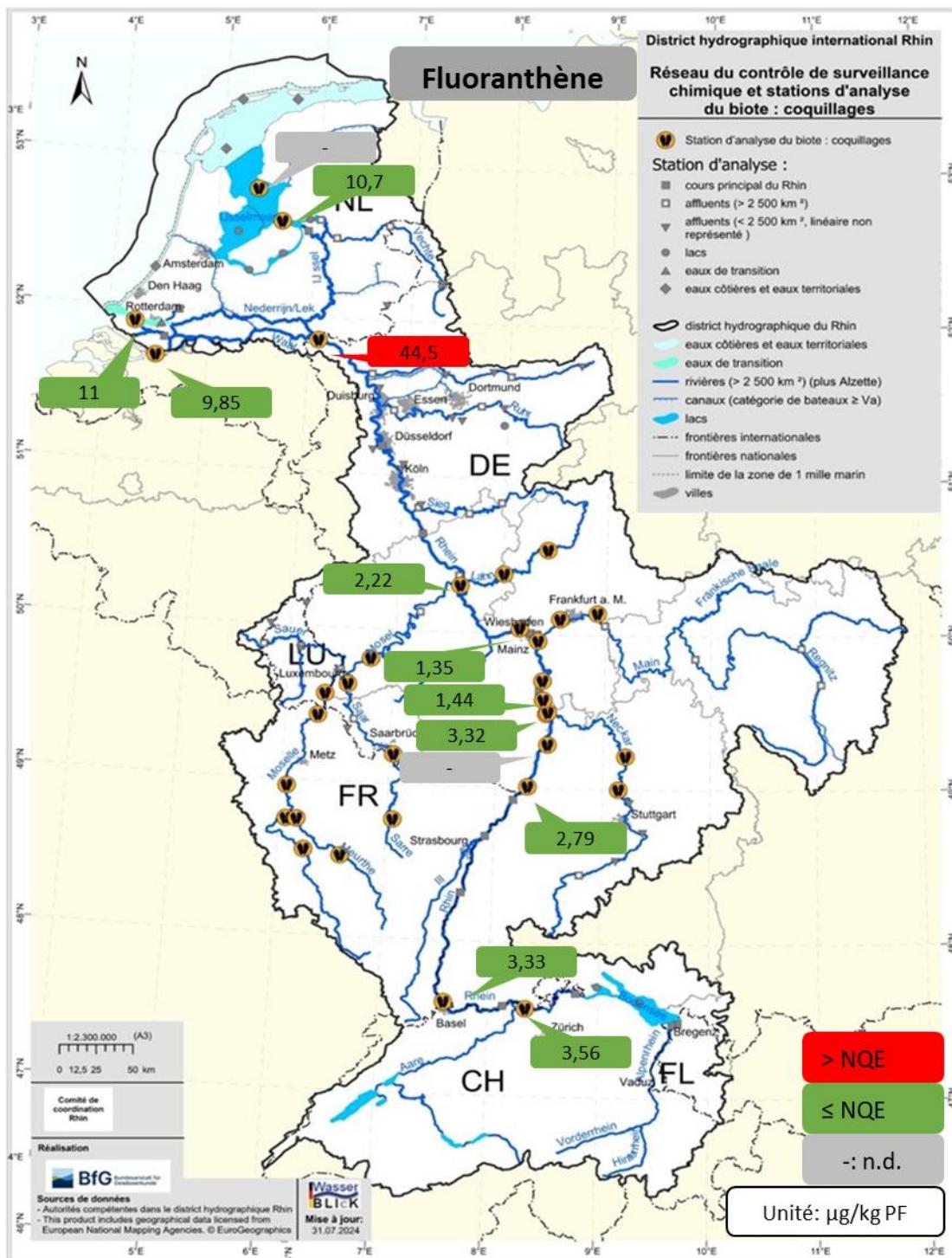


Figure 86 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1A : fluoranthène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 30 $\mu\text{g/kg PF}$).

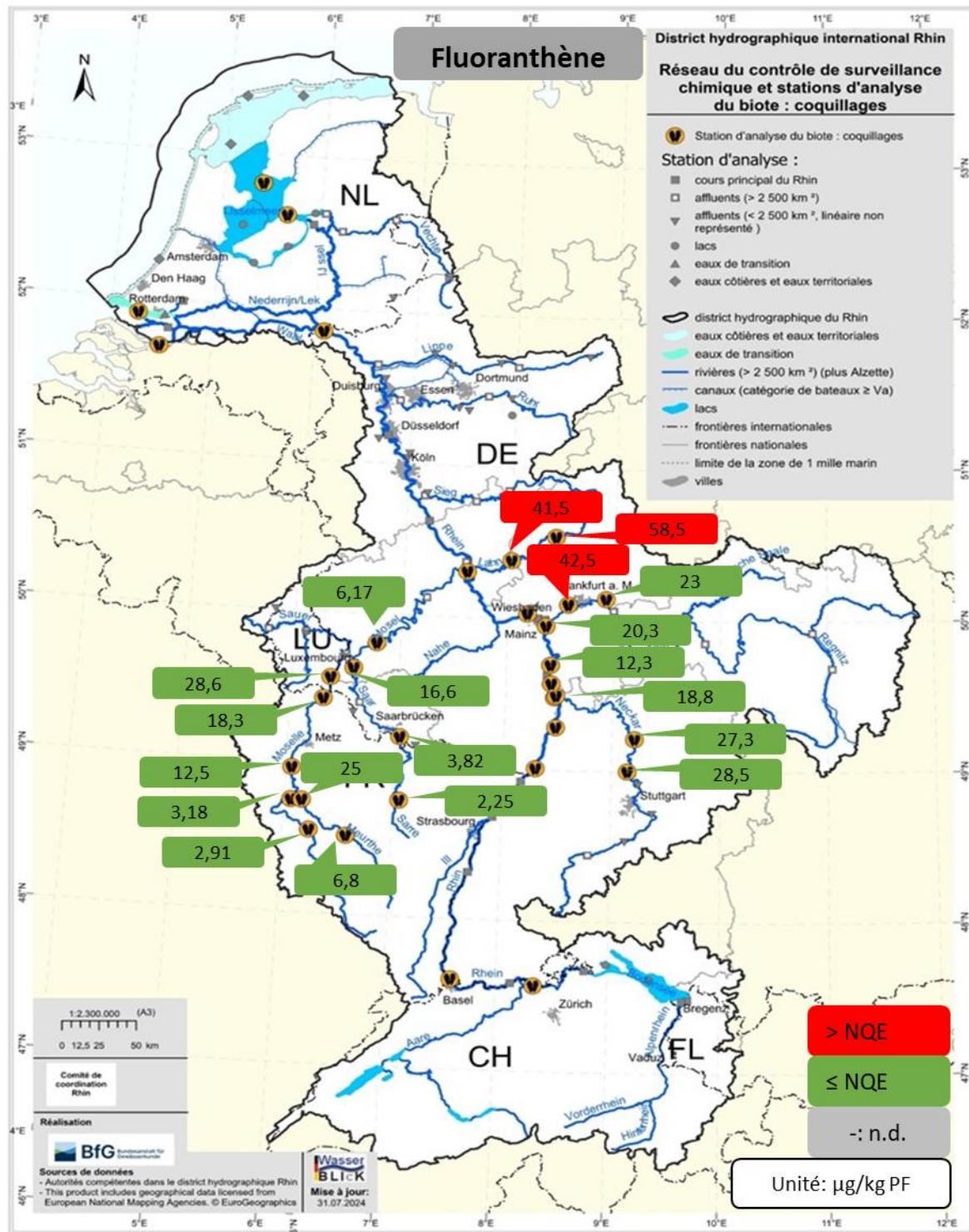


Figure 87 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1B : fluoranthène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 30 $\mu\text{g/kg PF}$).

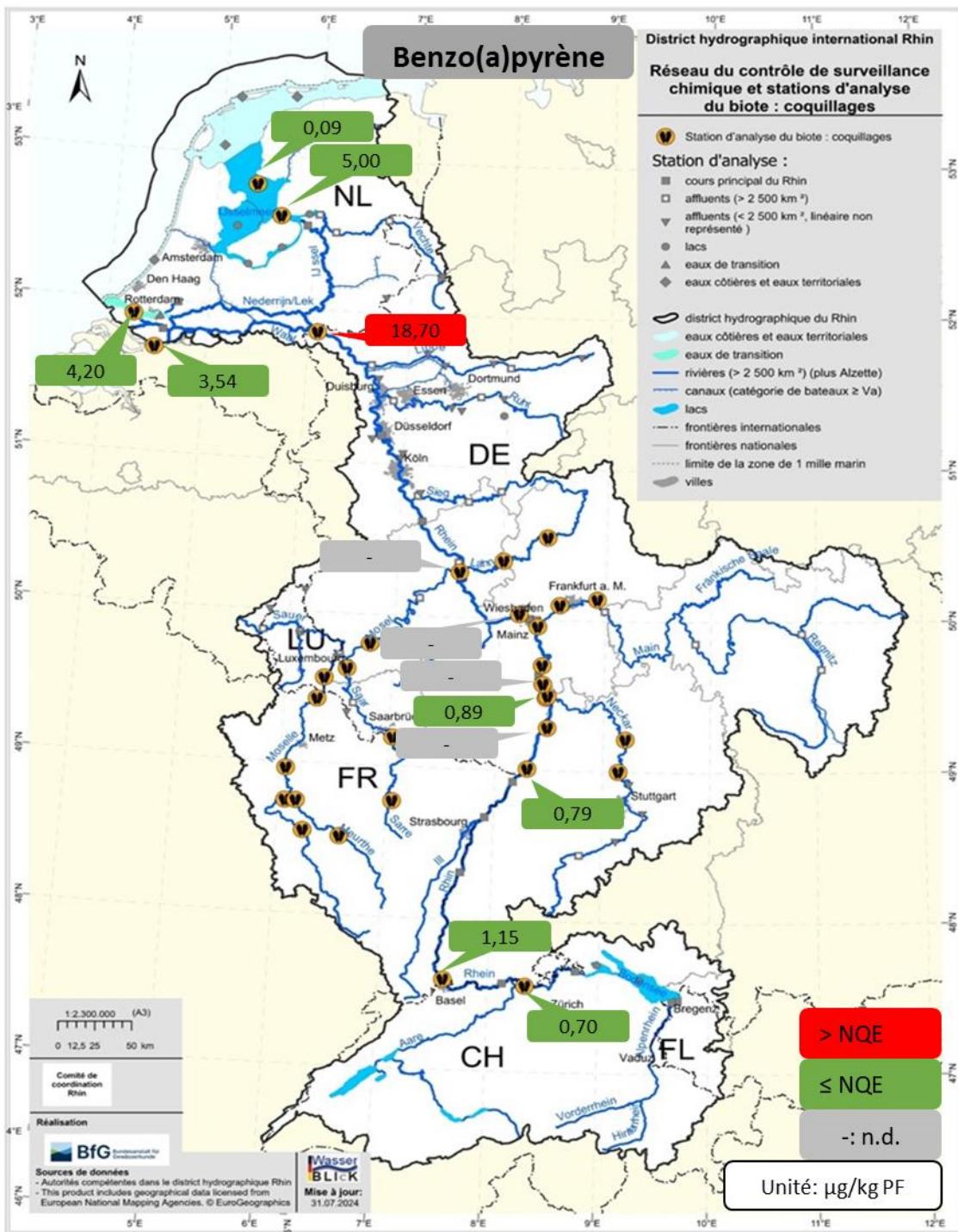


Figure 88 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2A : benzo(a)pyrène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : $5 \mu\text{g/kg PF}$).

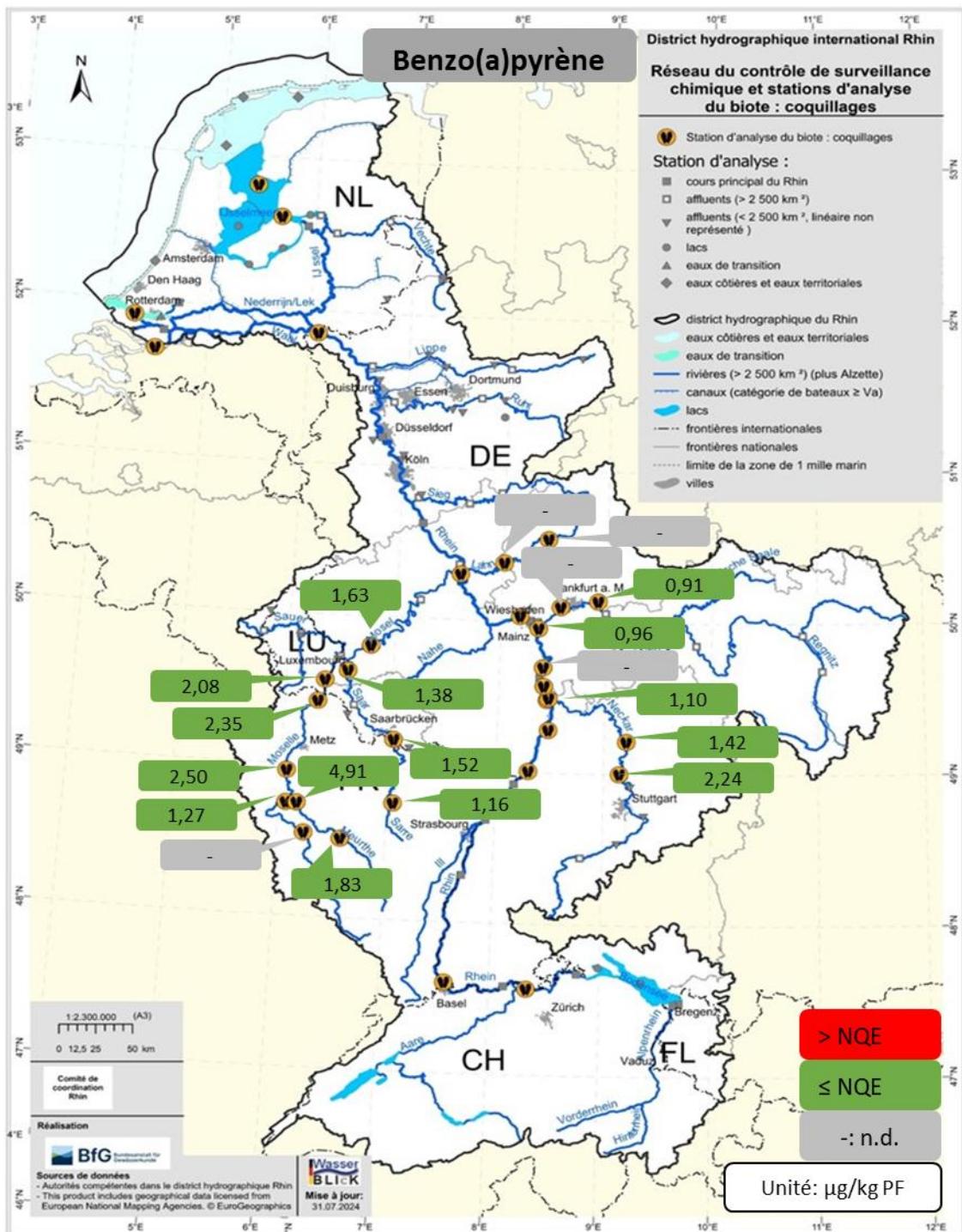


Figure 89 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2B : benzo(a)pyrène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 5 $\mu\text{g/kg PF}$).

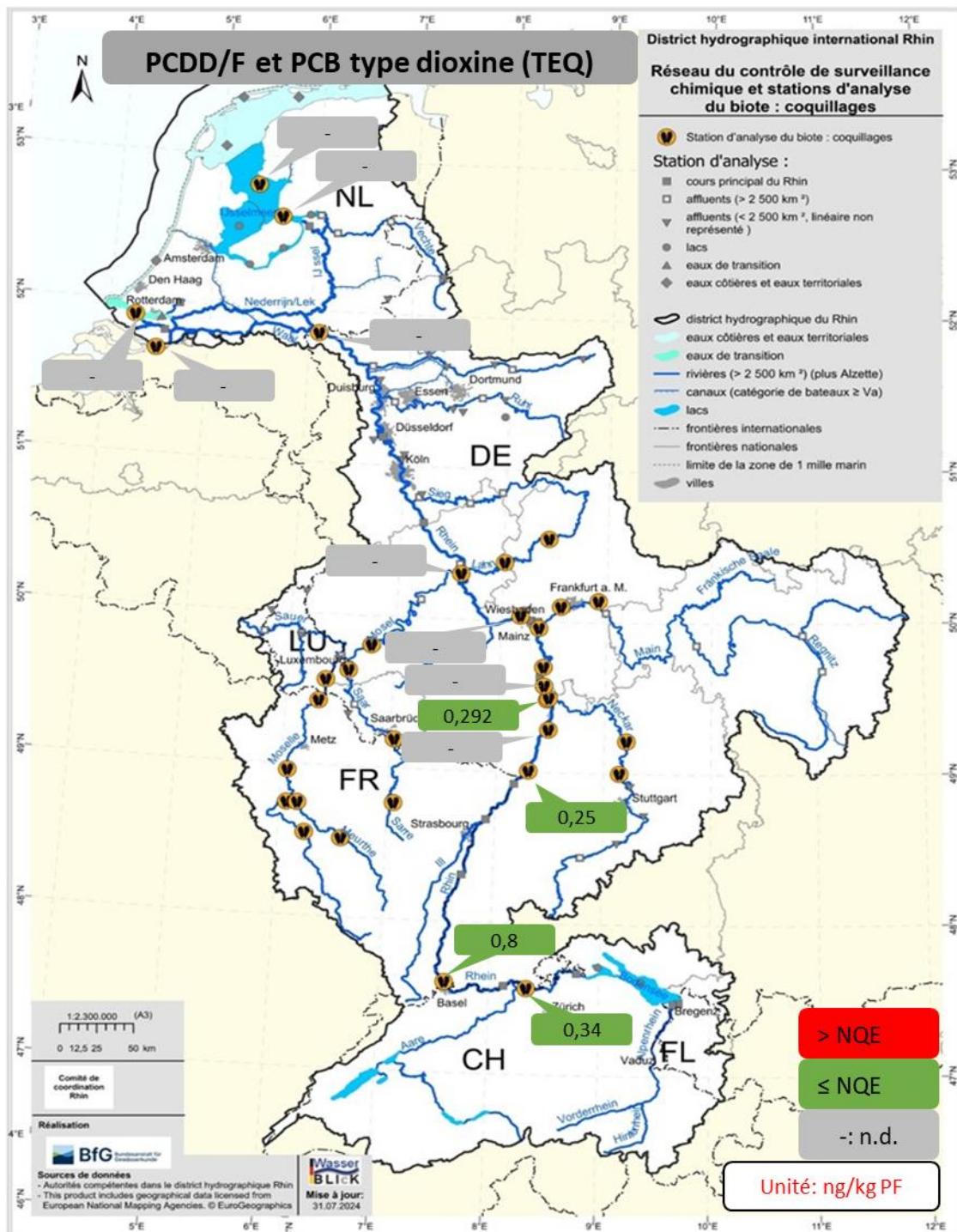


Figure 90 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3A : PCDD/F et PCB de type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : $0,0065 \mu\text{g/kg PF}$; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine.

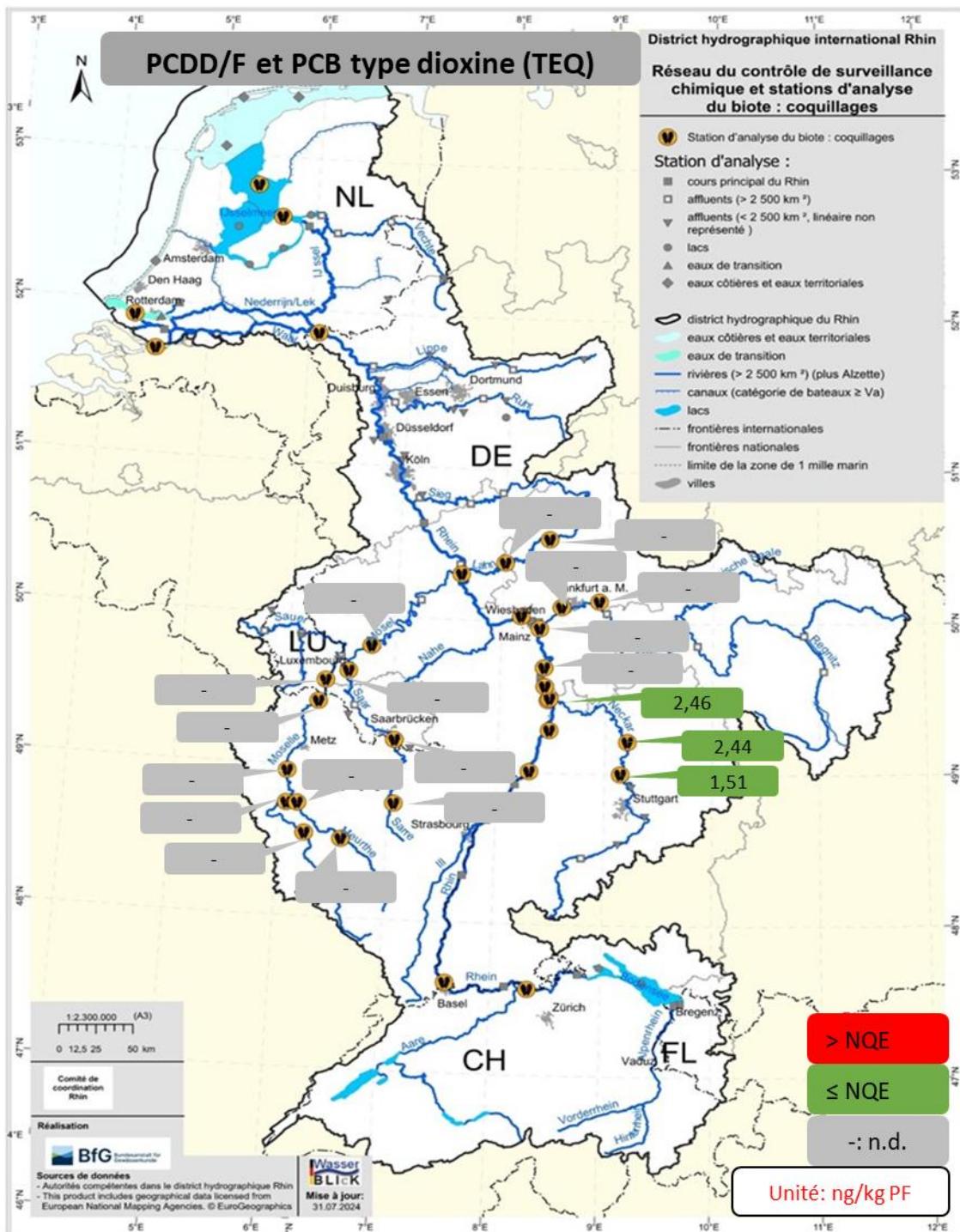


Figure 91 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3B : PCDD/F et PCB de type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : $0,0065 \mu\text{g}/\text{kg PF}$; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine.

A.3 Figures complémentaires : Cartes de pressions avec normalisations

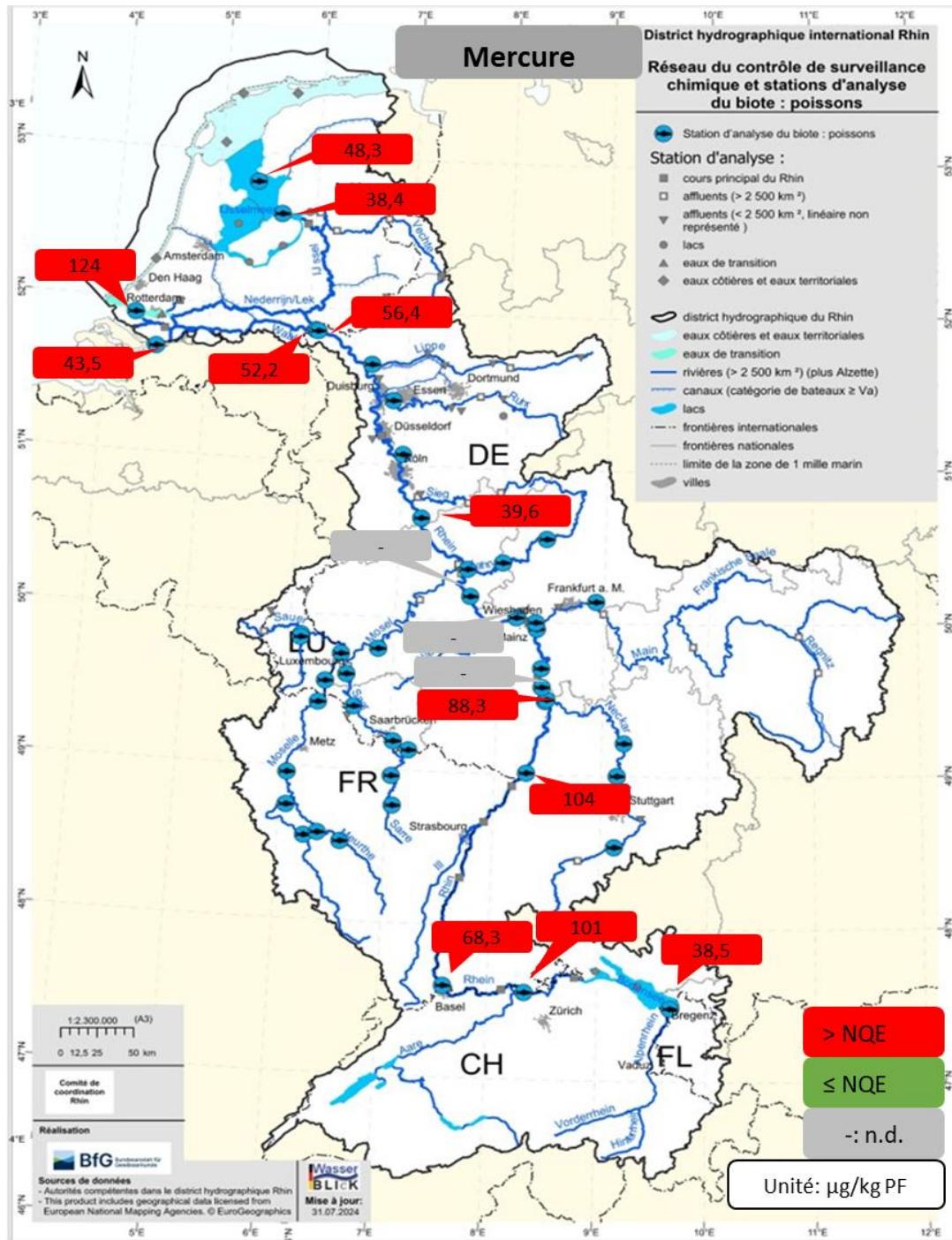


Figure 92 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1A : mercure dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 $\mu\text{g/kg PF}$).

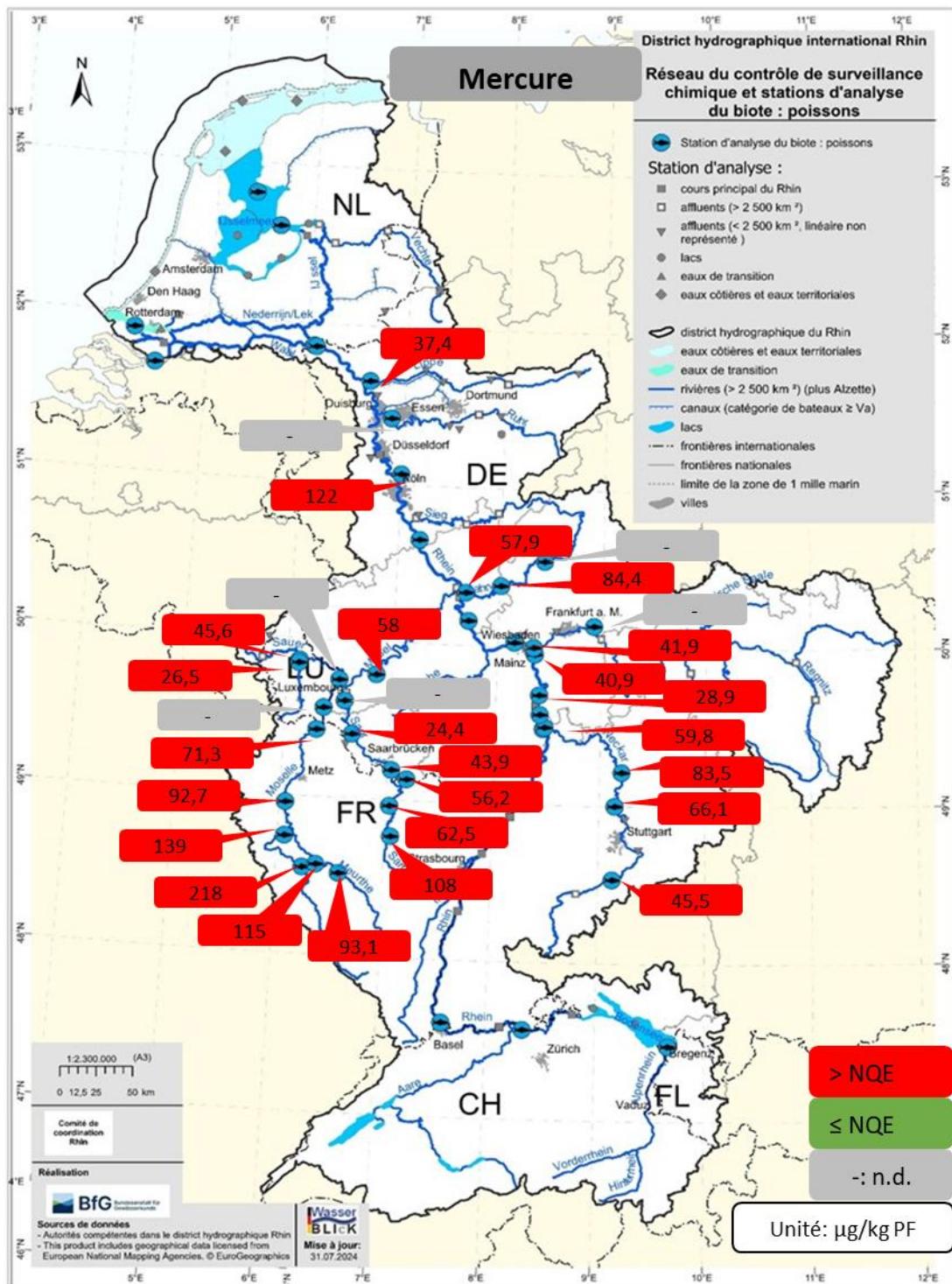


Figure 93 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1B : mercure dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores : NQE : 20 µg/kg PF).

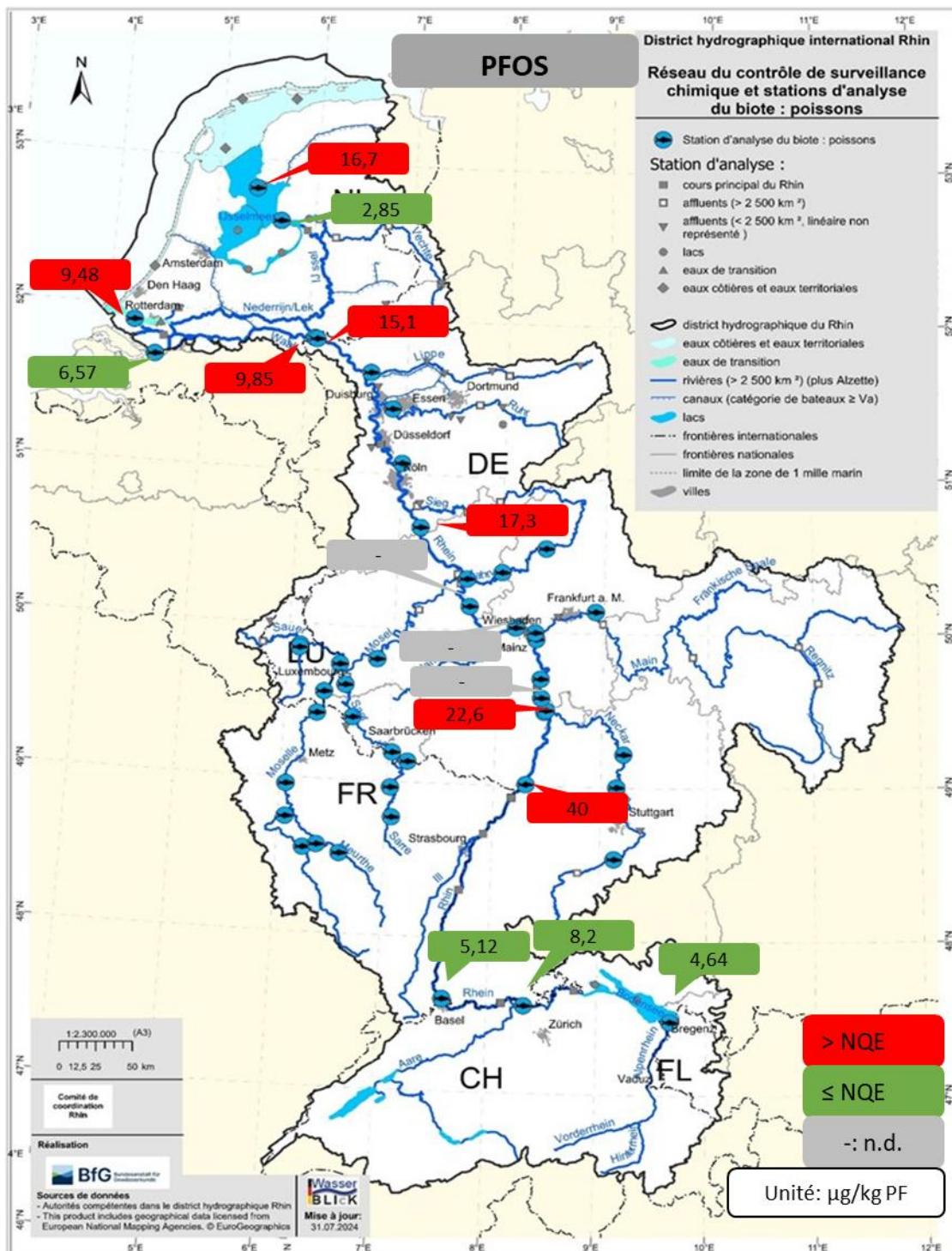


Figure 94 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2A : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 $\mu\text{g/kg PF}$).

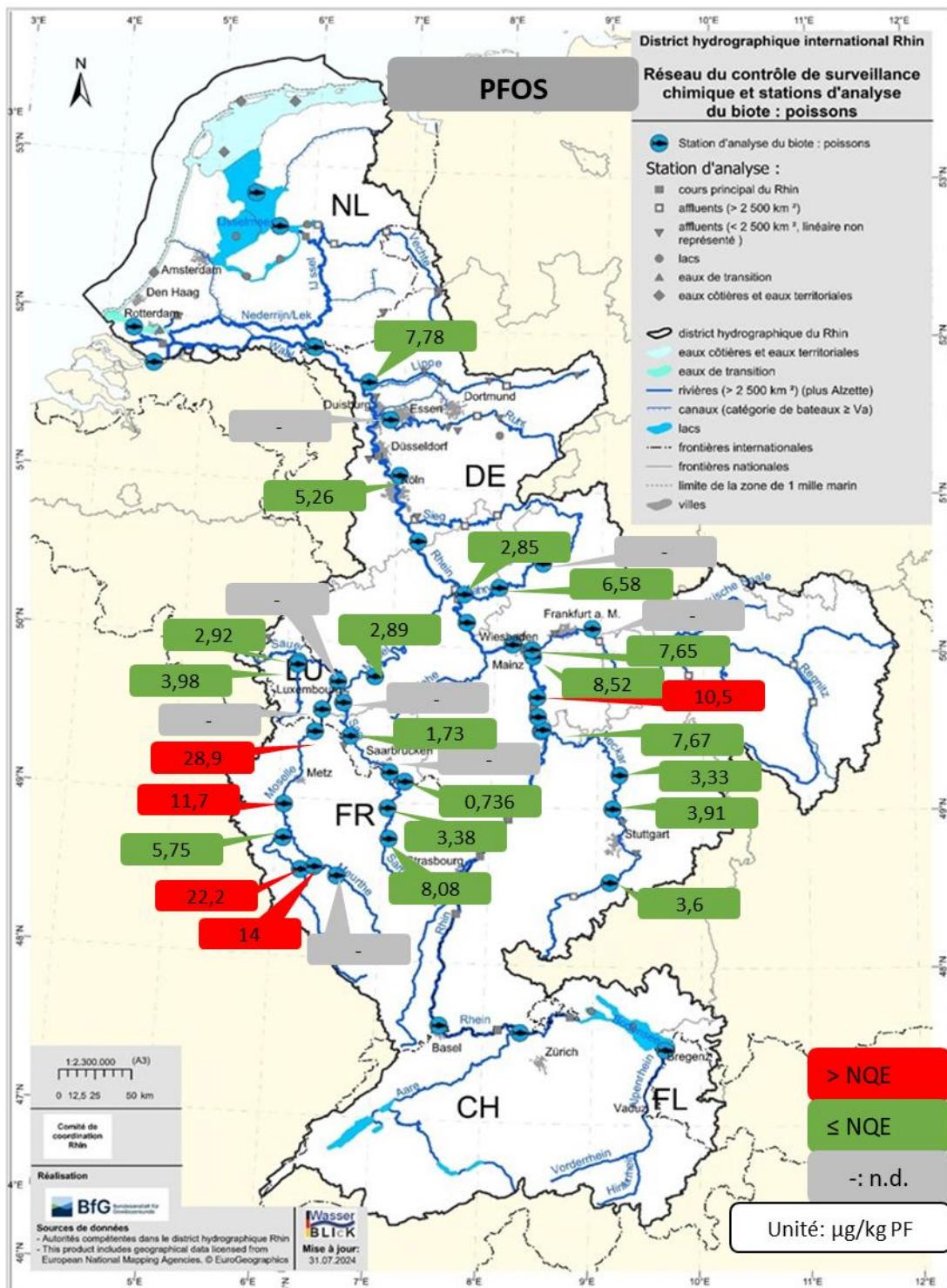


Figure 95 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2B : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF). 9,1 µg/kg PF

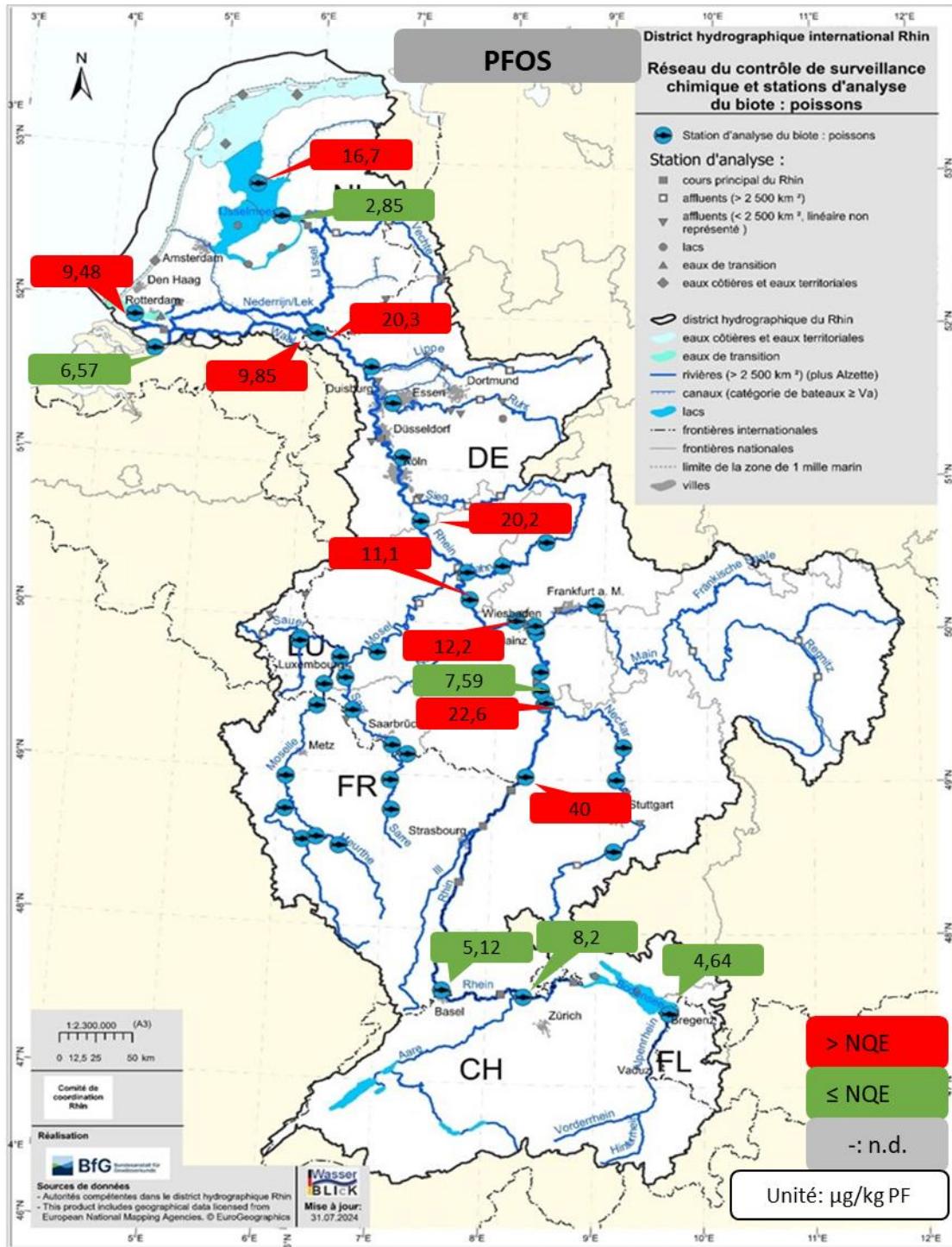


Figure 96 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2C : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL y compris TMS de substitution ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 $\mu\text{g/kg PF}$).

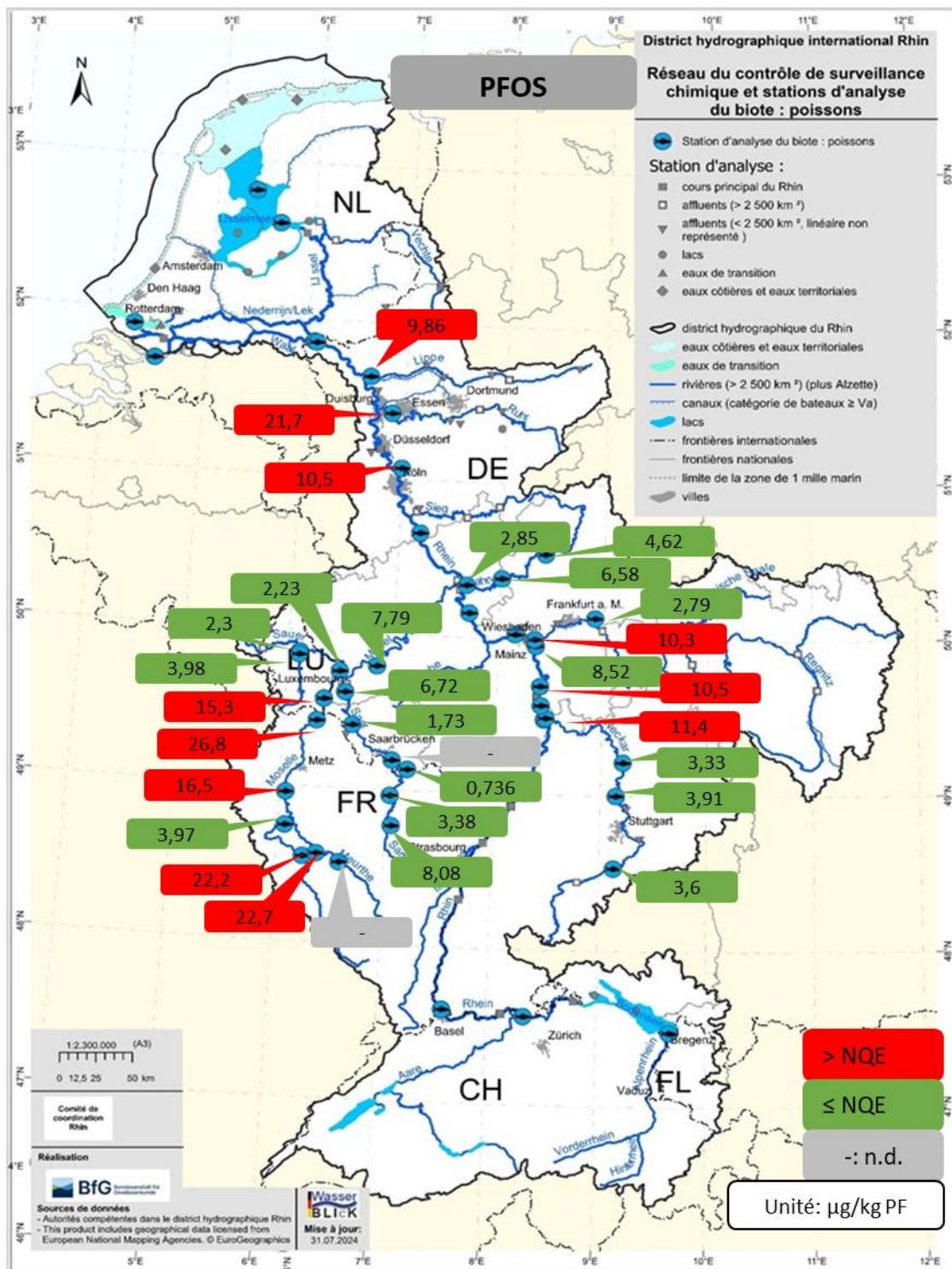


Figure 97 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2d : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL y compris TMS de substitution ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : $9,1 \mu\text{g/kg PF}$).

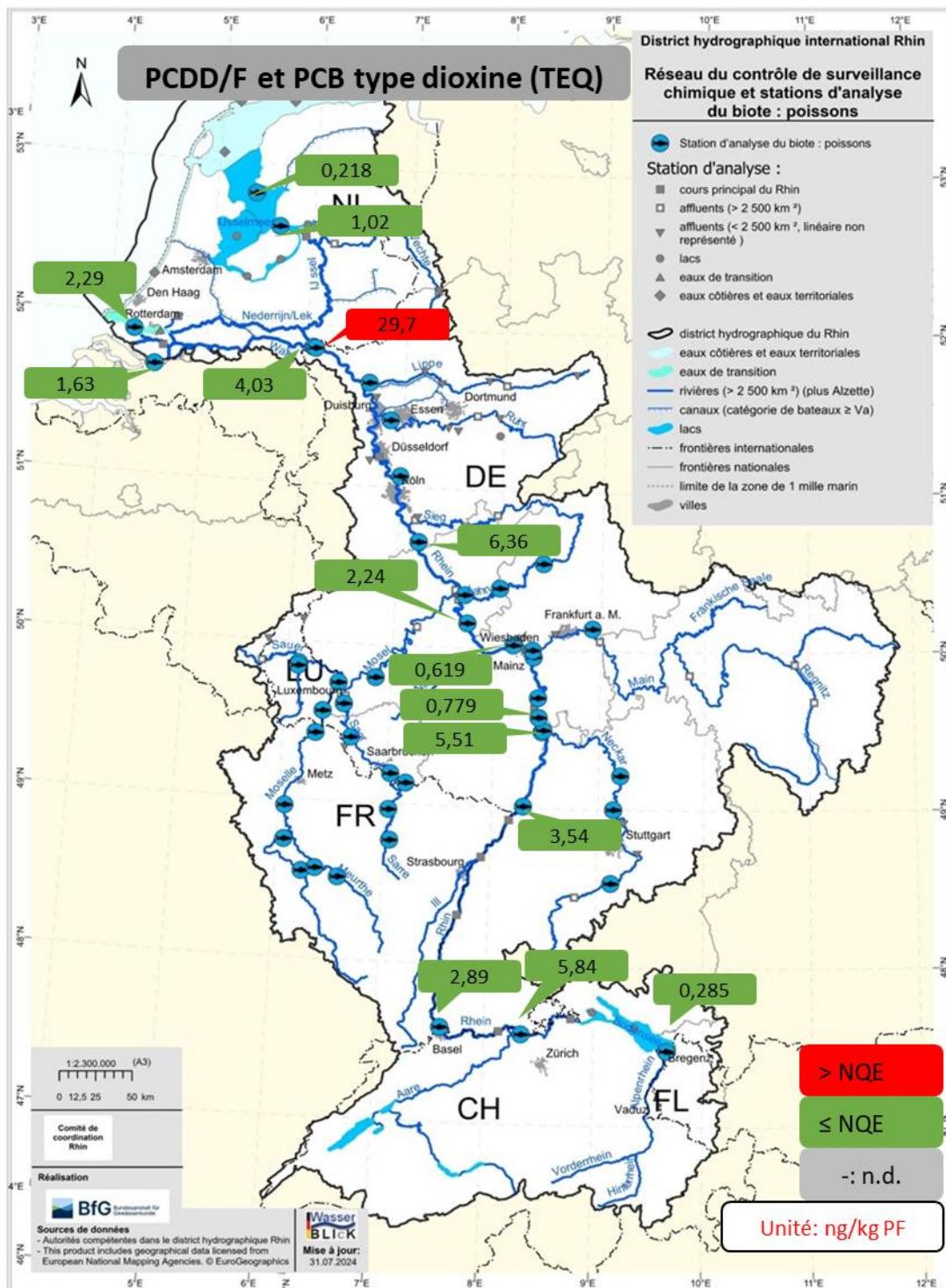


Figure 98 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3A : PCDD/F + PCB type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).

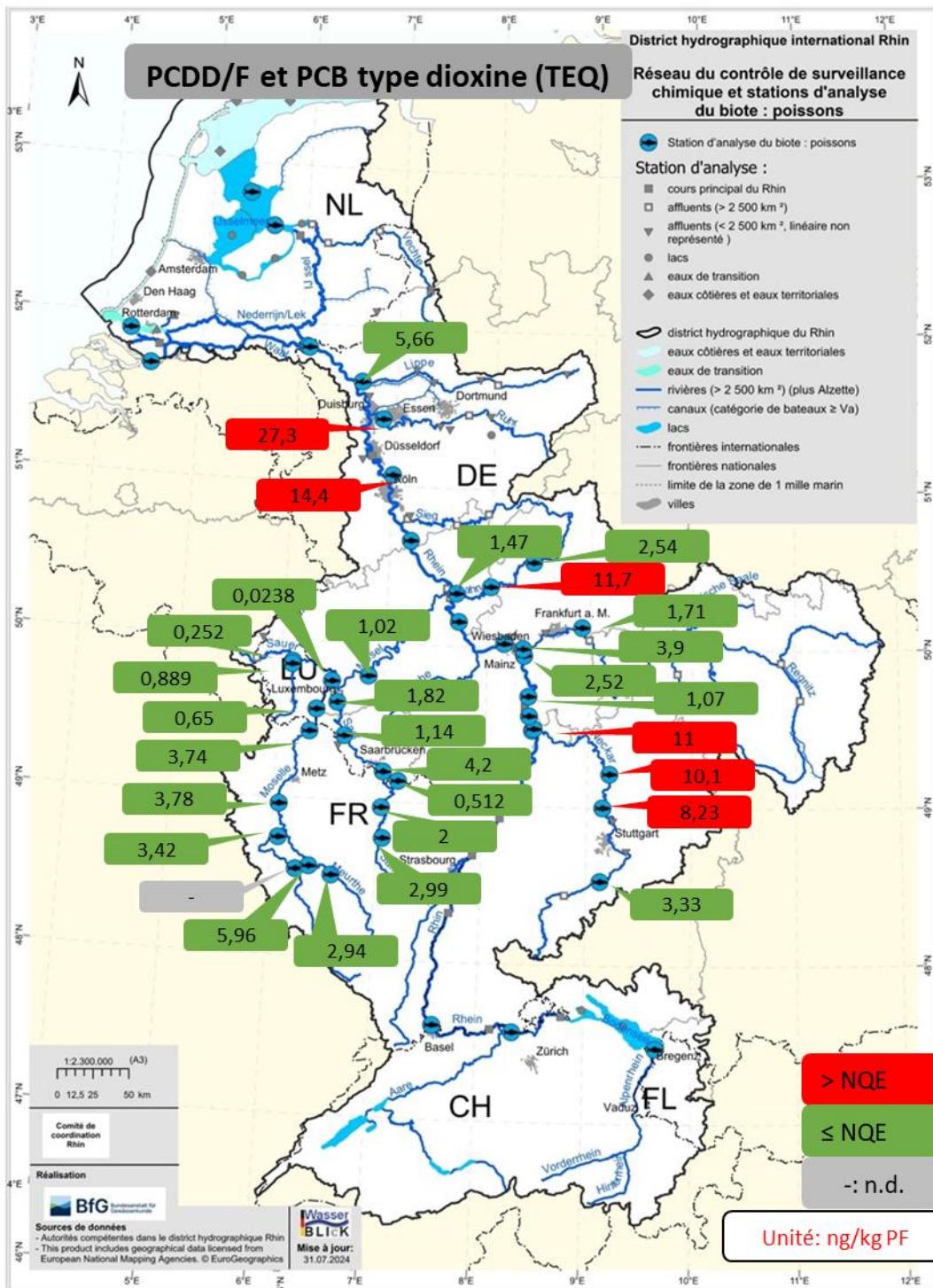


Figure 99 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3B : PCDD/F + PCB type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).

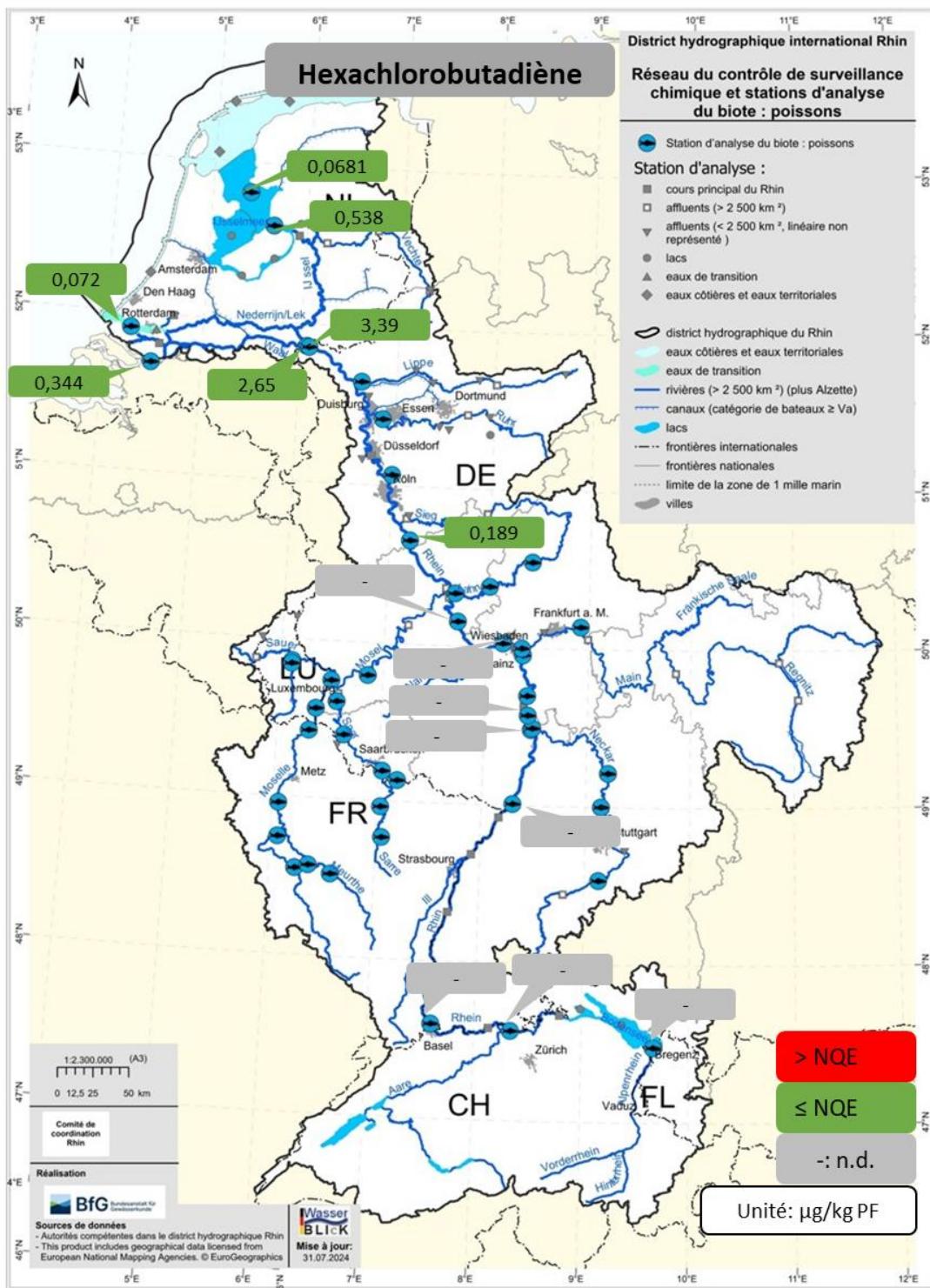


Figure 100 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4A : hexachlorobutadiène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 $\mu\text{g/kg PF}$).

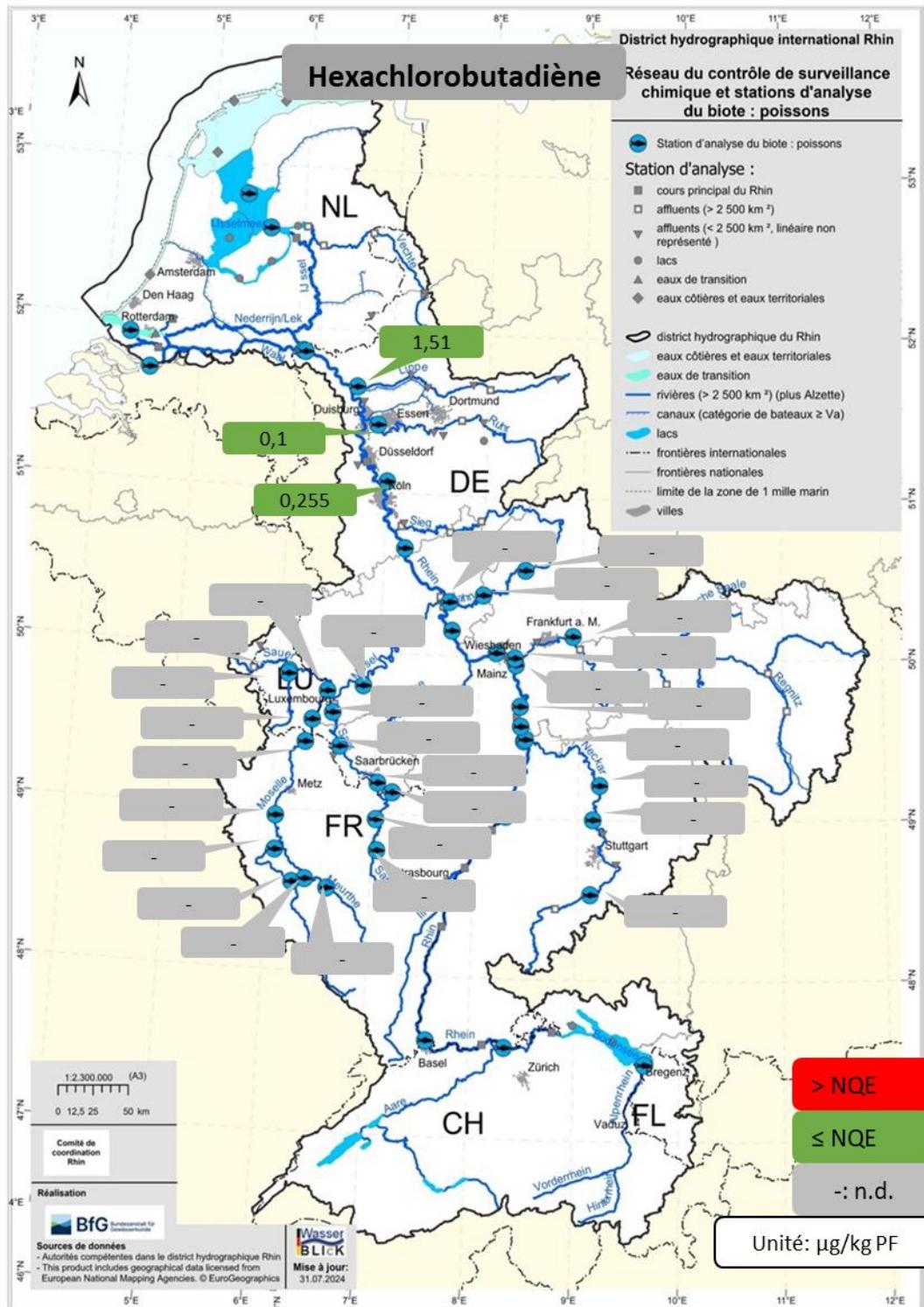


Figure 101 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4B : hexachlorobutadiène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 $\mu\text{g/kg PF}$).

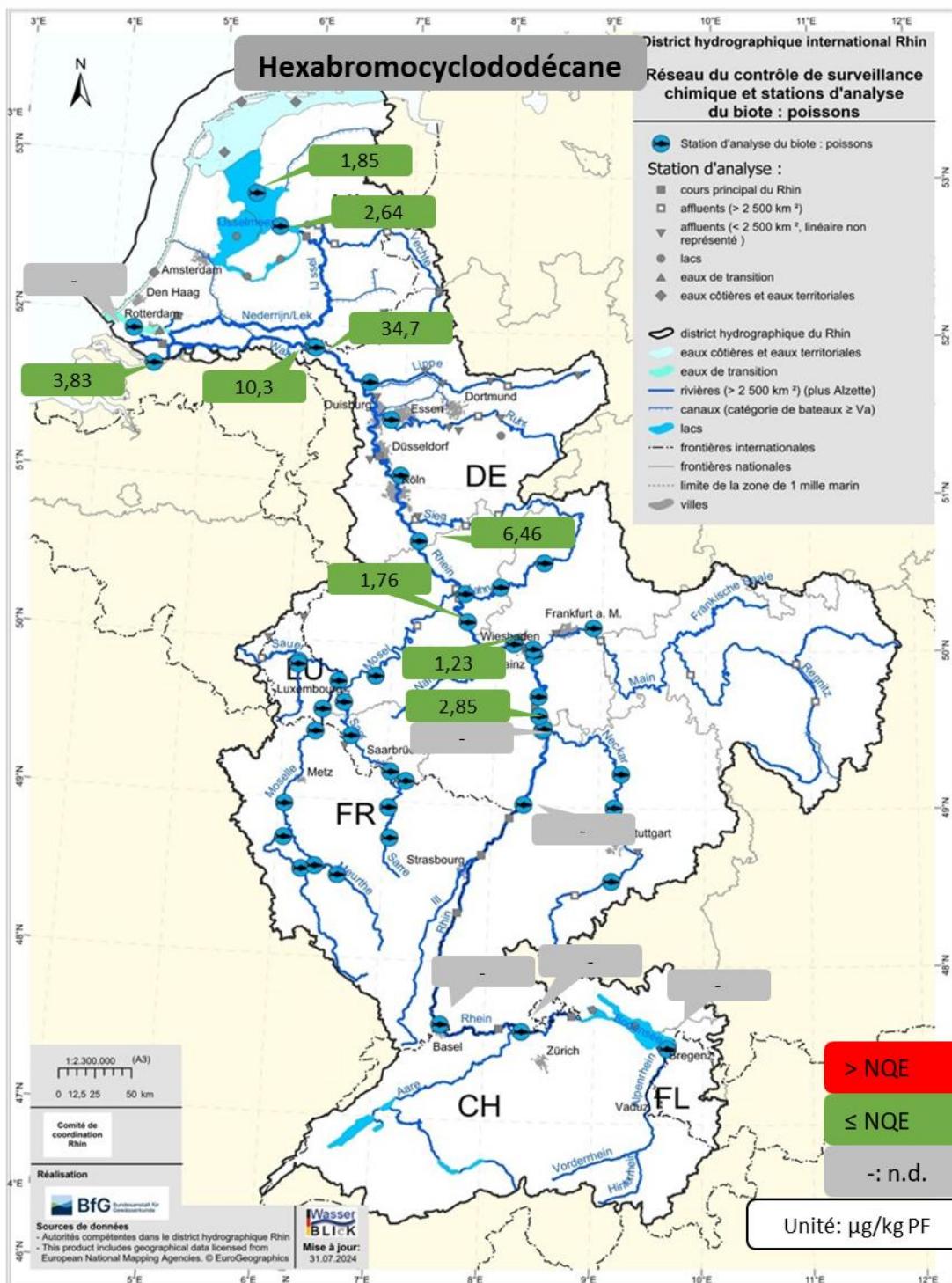


Figure 102 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5A : hexabromocyclododécane dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 $\mu\text{g/kg PF}$).

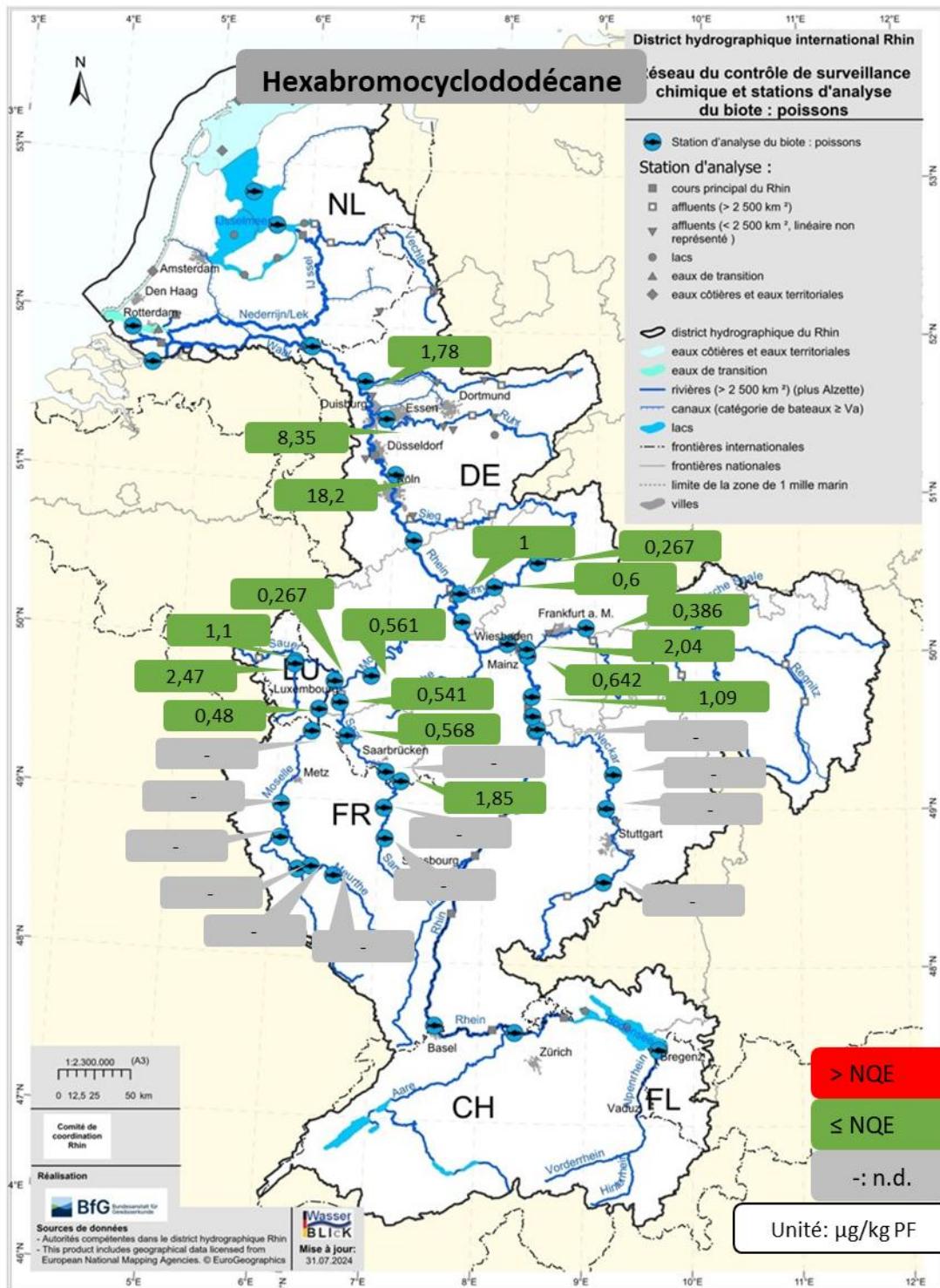


Figure 103 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5B : hexabromocyclododécane dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF).

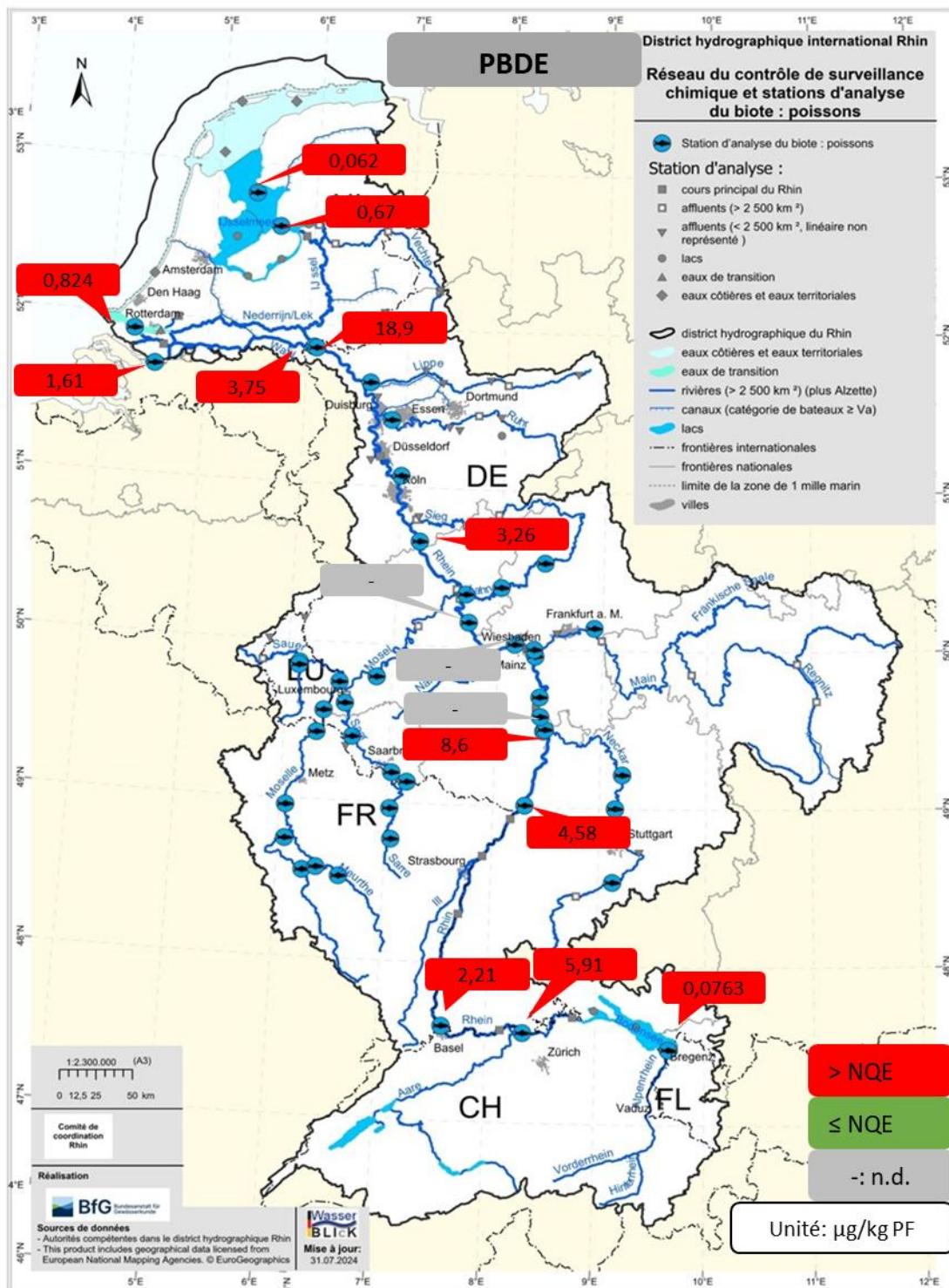


Figure 104 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6A : PBDE selon la DCE dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet ; uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 $\mu\text{g/kg PF}$).

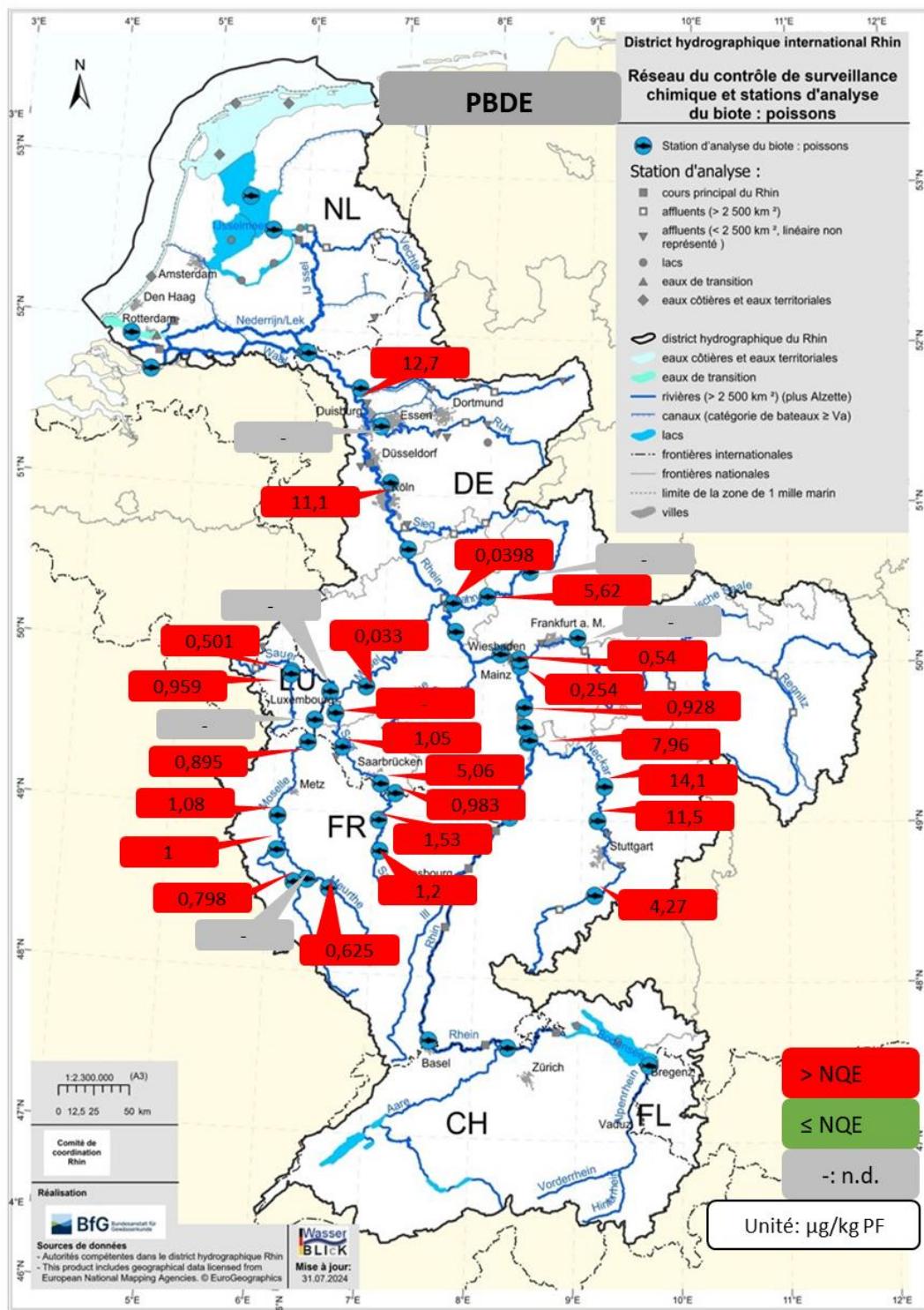


Figure 105 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6B : PBDE selon la DCE dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF).

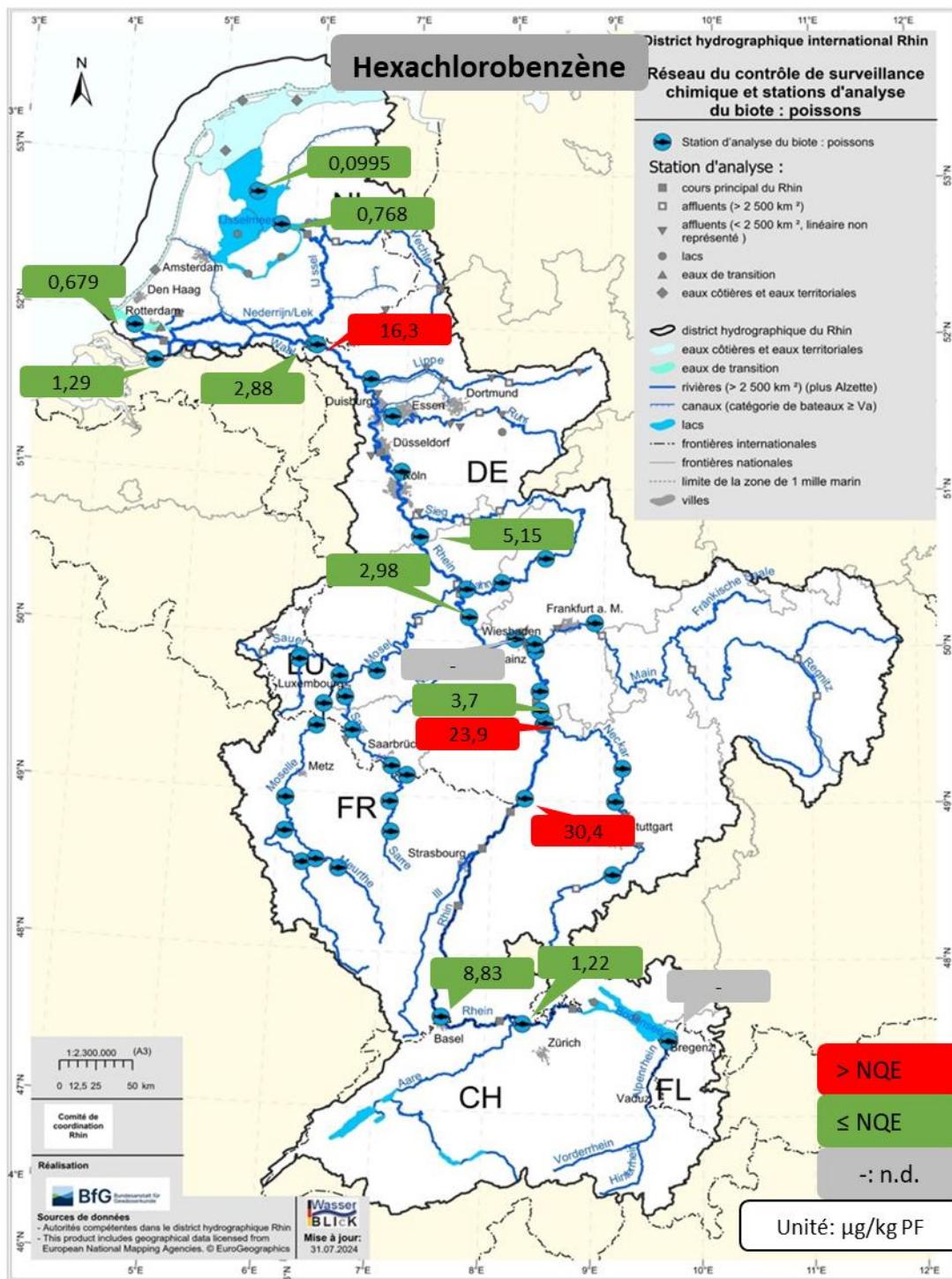


Figure 106 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7A : hexachlorobenzène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF).

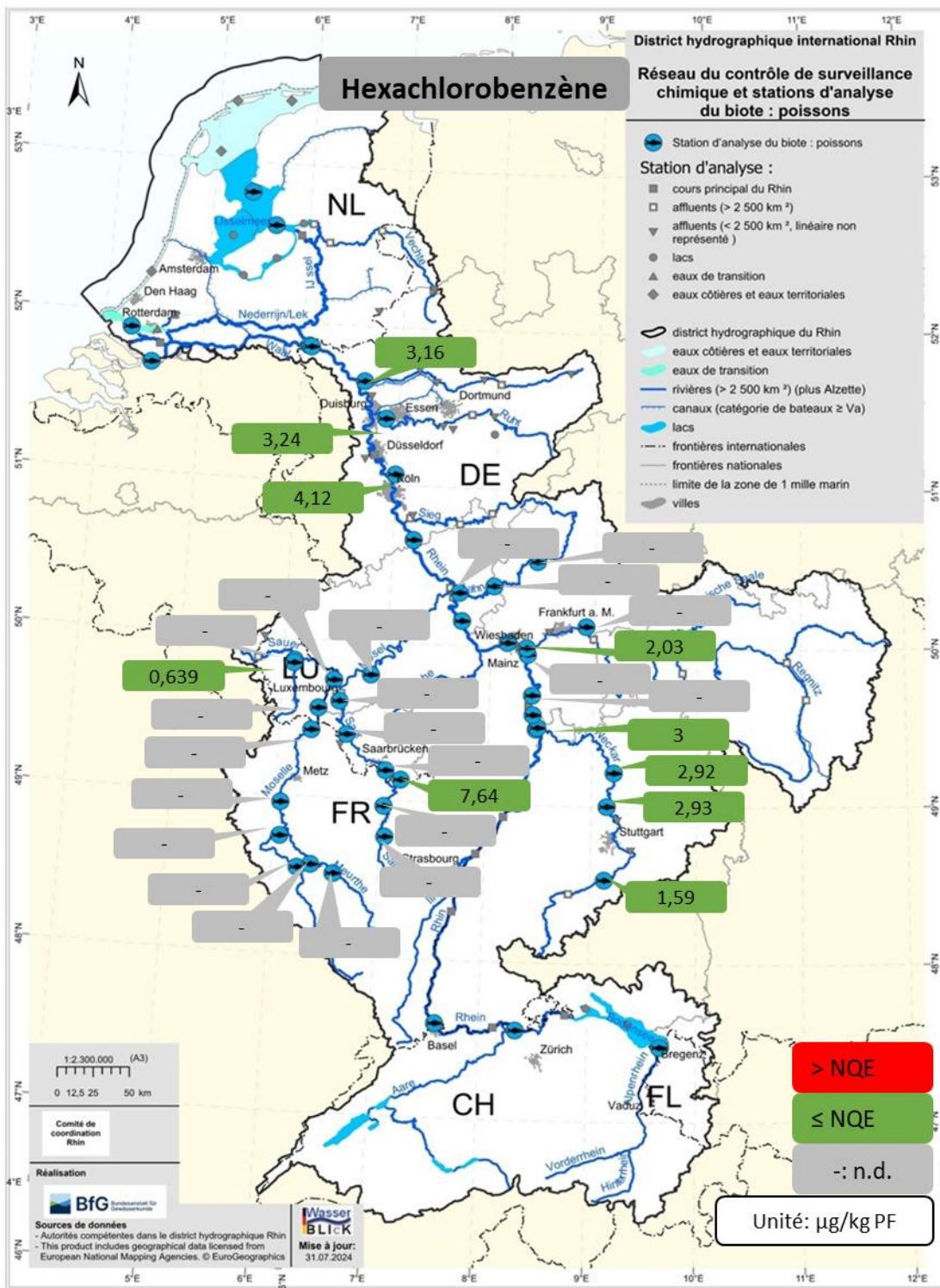


Figure 107 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7B : hexachlorobenzène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : $10 \mu\text{g/kg PF}$).

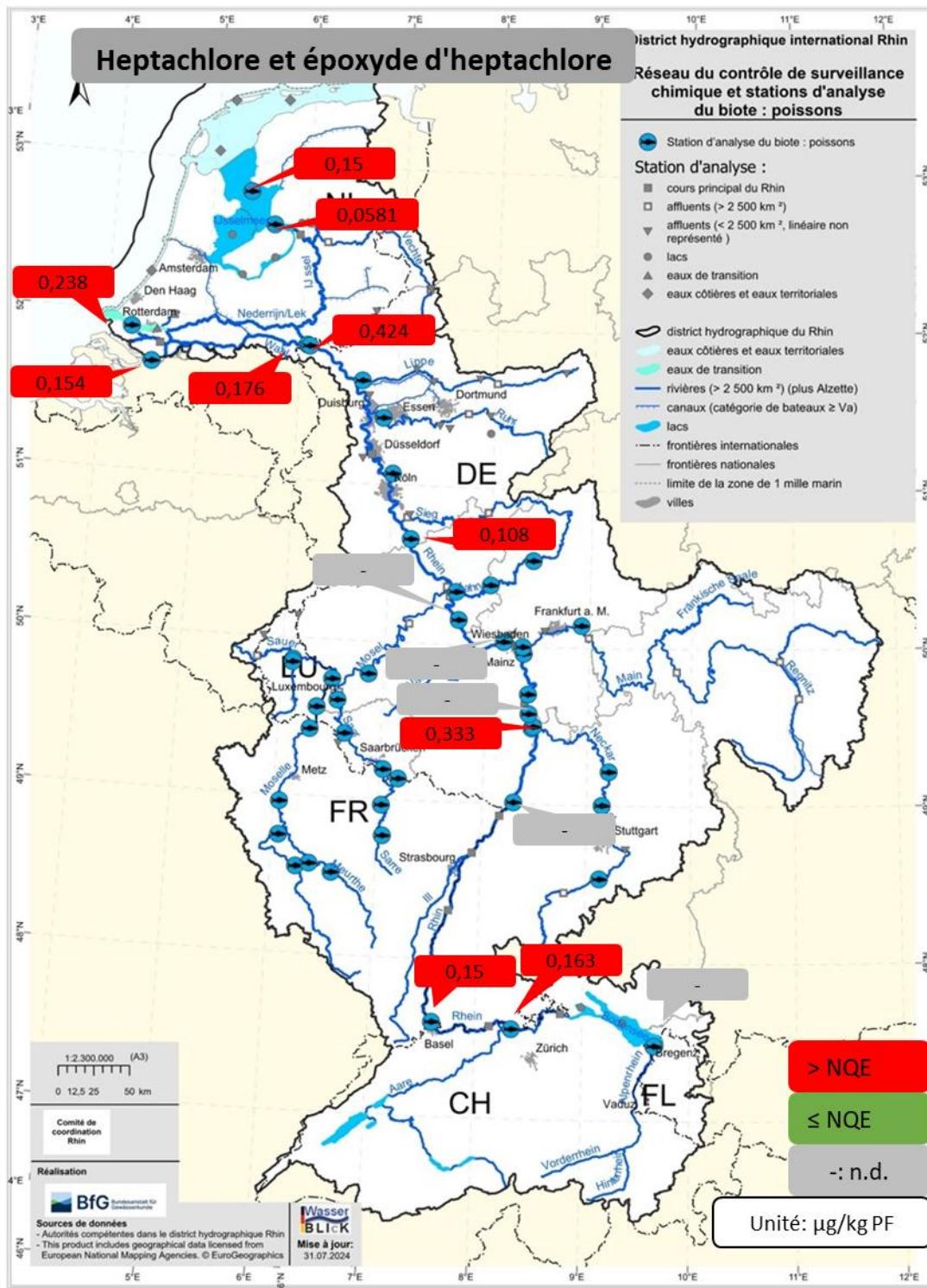


Figure 108 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9A : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : $0,0067 \mu\text{g/kg PF}$).

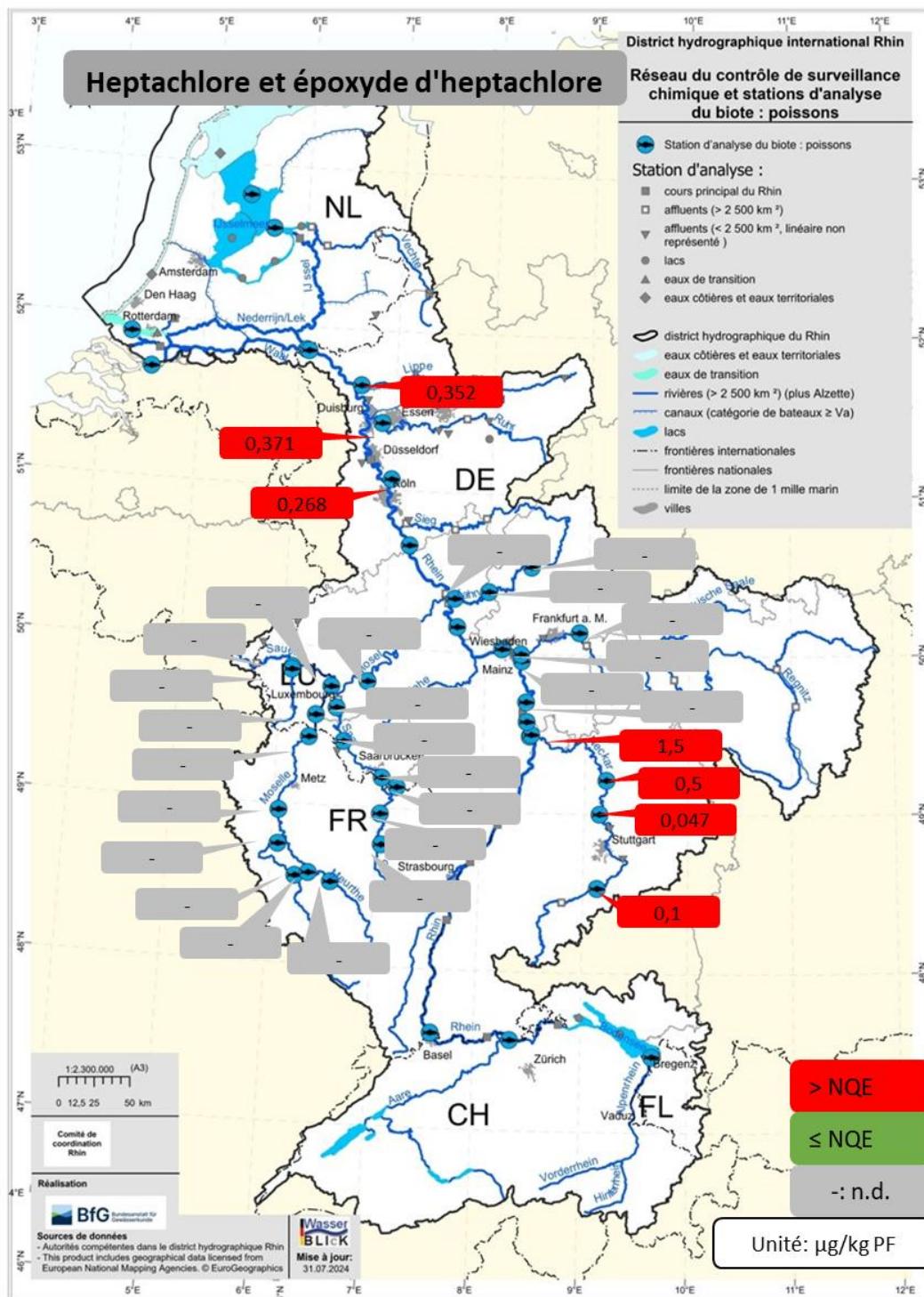


Figure 109 : Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9B : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : $0,0067 \mu\text{g/kg PF}$).

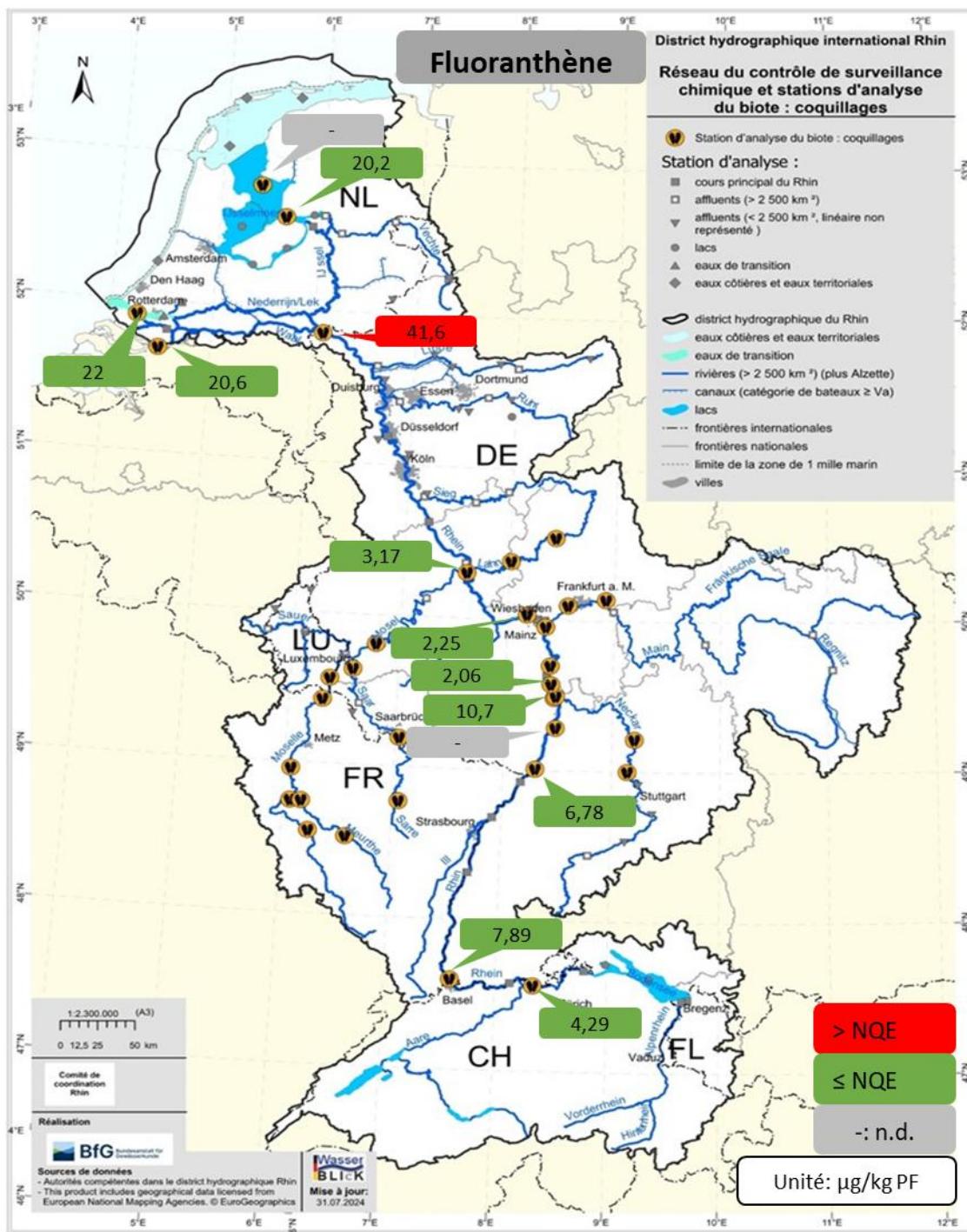


Figure 110 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1A : fluoranthène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 30 $\mu\text{g/kg PF}$).

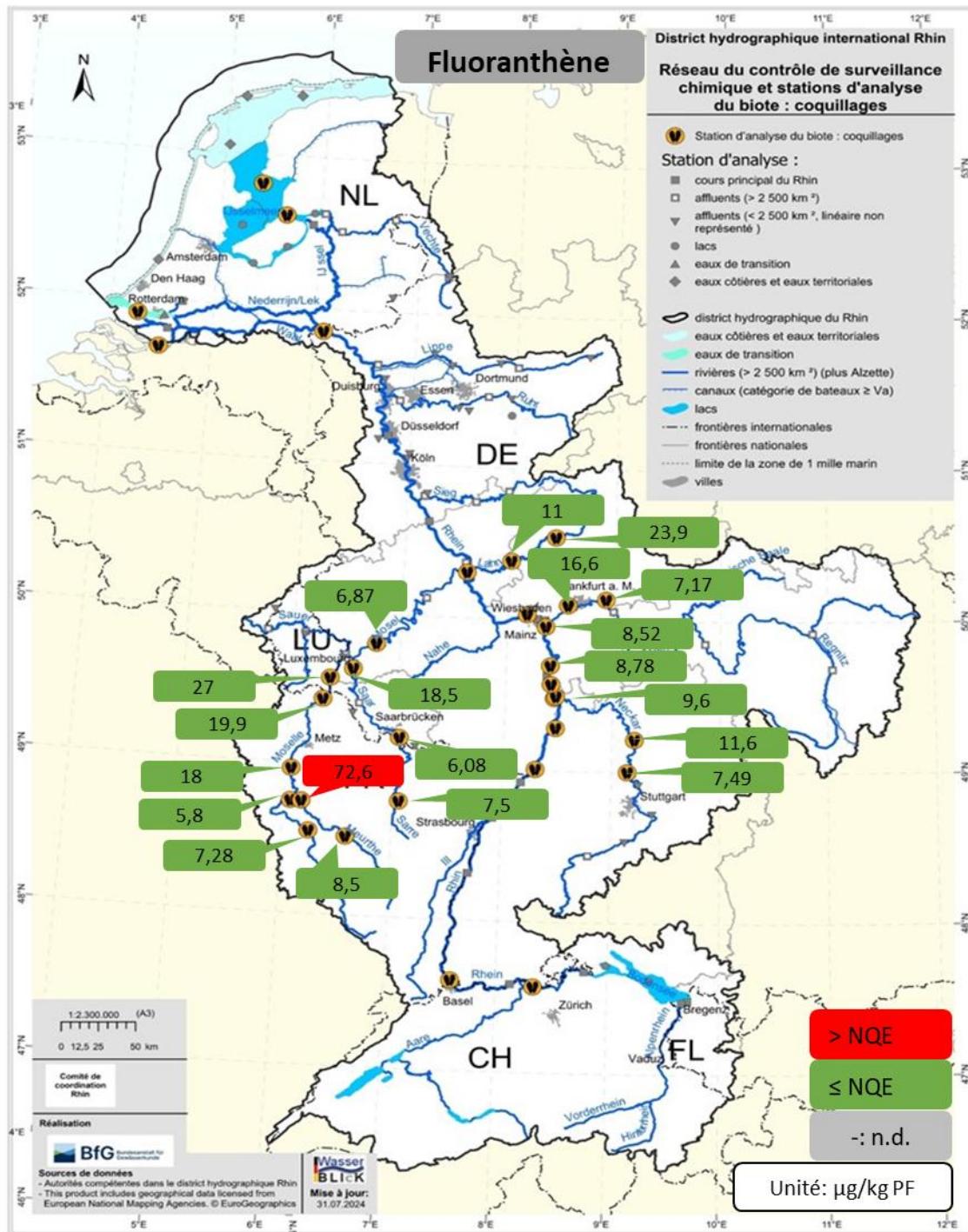


Figure 111 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1B : fluoranthène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 30 $\mu\text{g/kg PF}$).

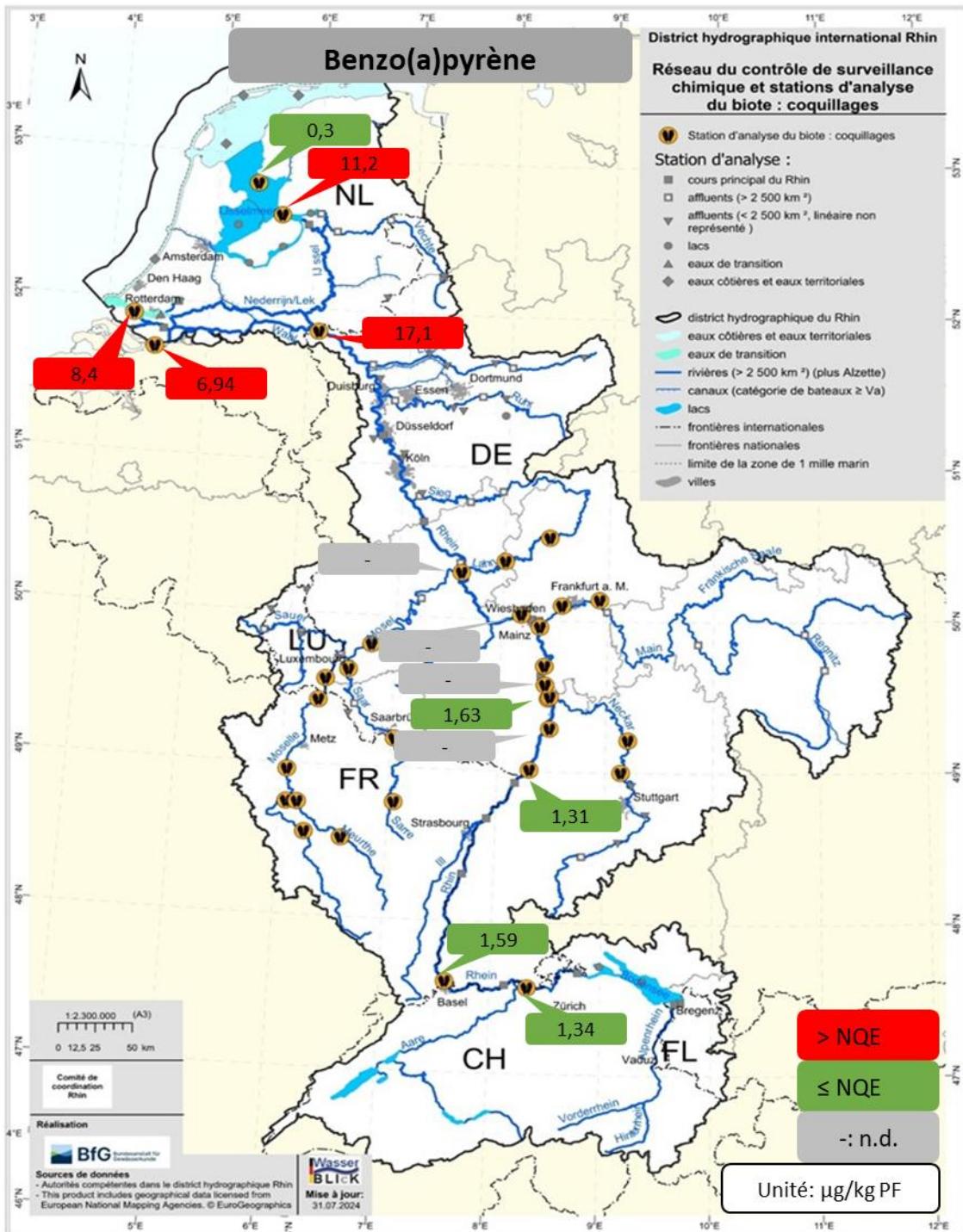


Figure 112 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2A : benzo(a)pyrène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 5 $\mu\text{g/kg PF}$).

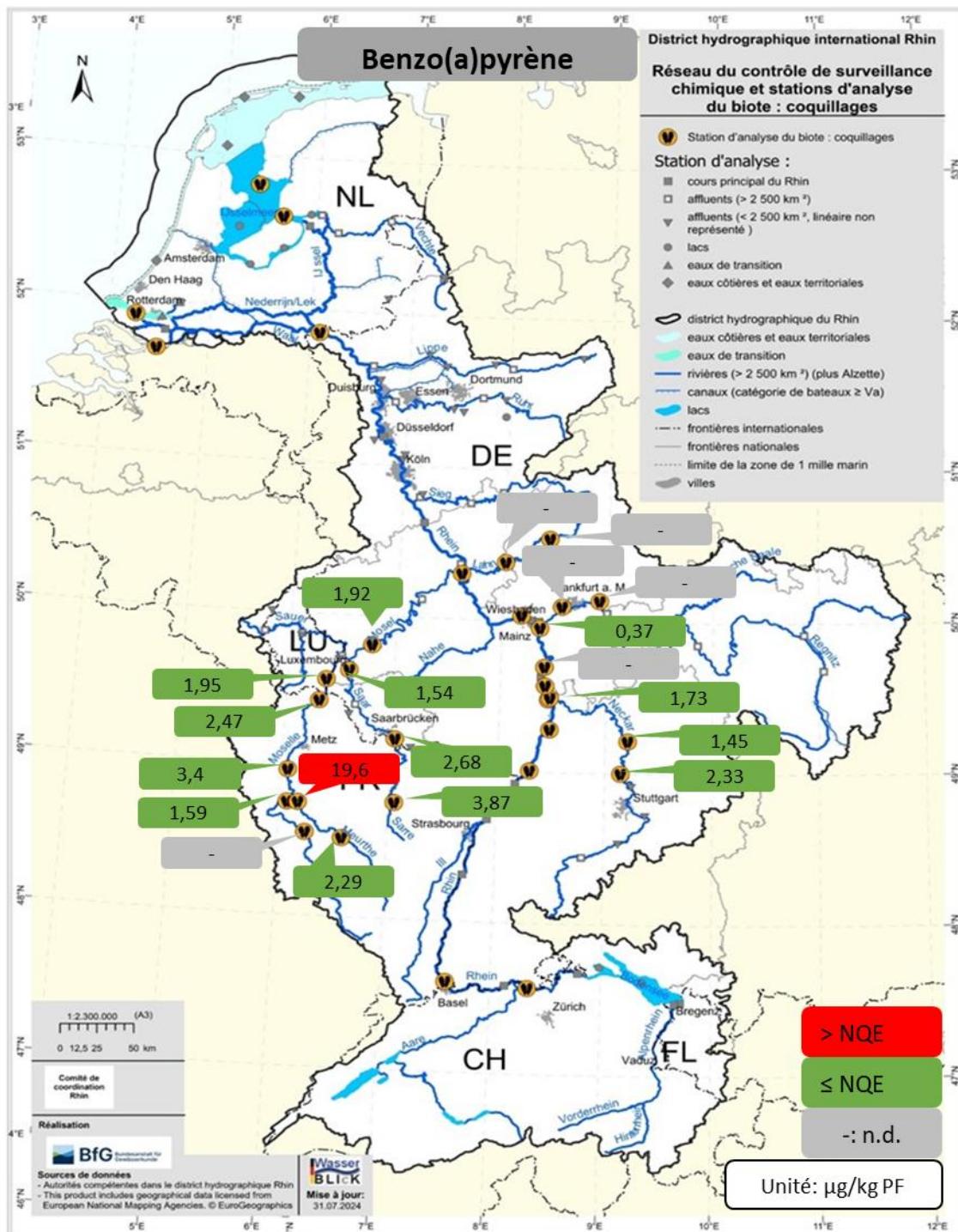


Figure 113 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2B : benzo(a)pyrène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 5 µg/kg PF).

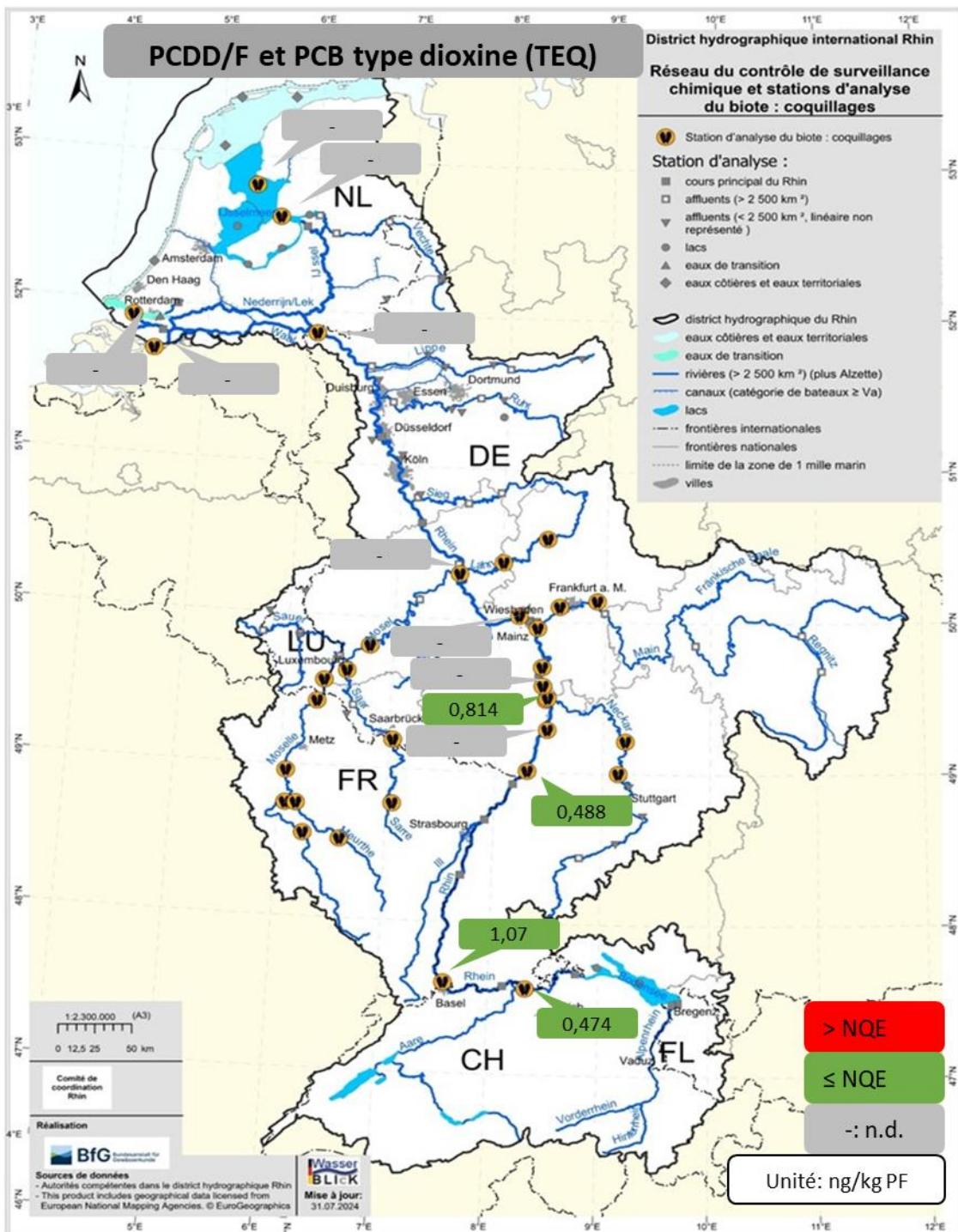


Figure 114 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3A : PCDD/F et PCB de type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : $0,0065 \mu\text{g/kg PF}$; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine.

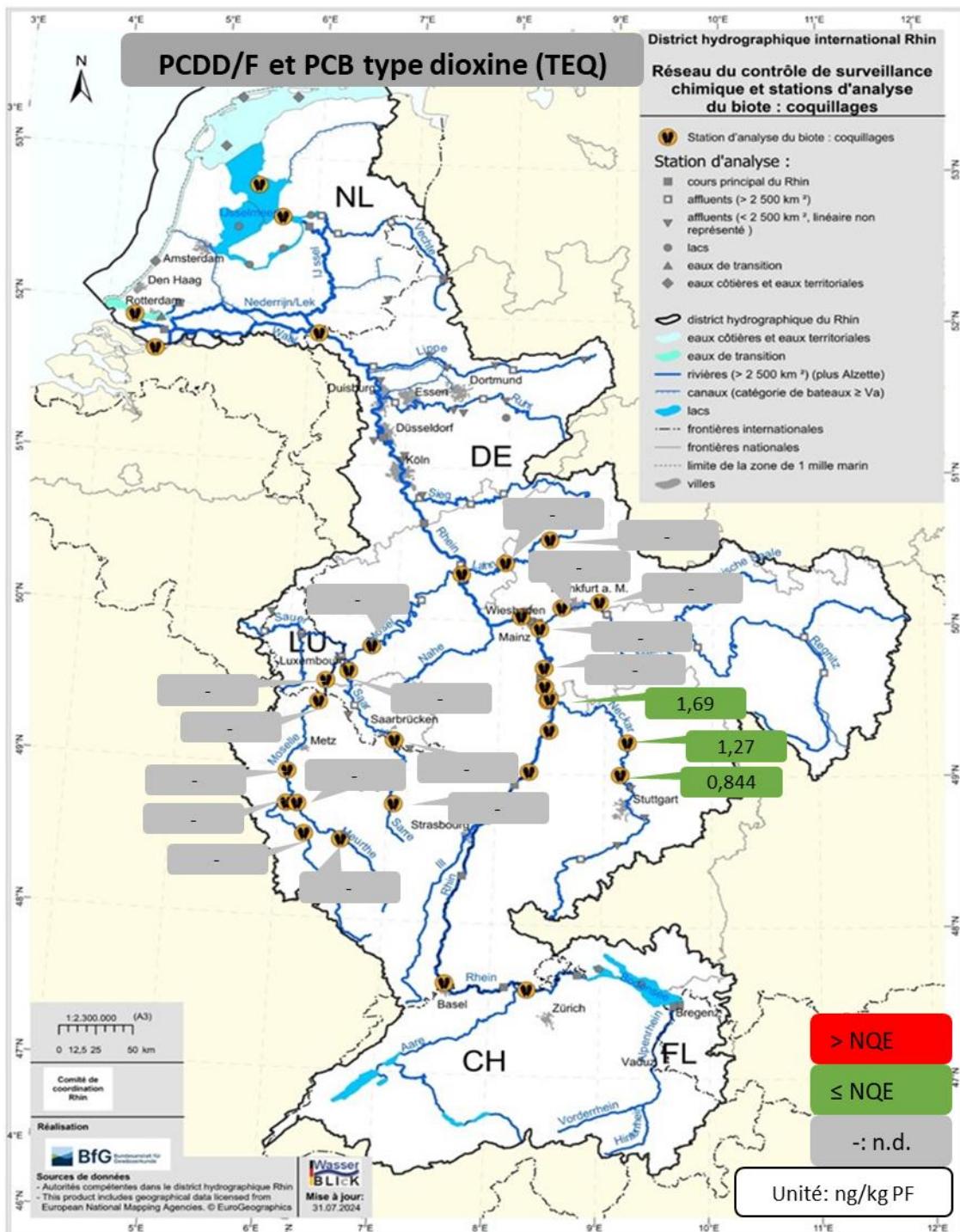


Figure 115 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3B : PCDD/F et PCB de type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : $0,0065 \mu\text{g}/\text{kg PF}$; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine.

A.4 Tableaux complémentaires

Tableau 22 : Vue d'ensemble du jeu d'échantillons de poissons avec données biométriques (toutes les données après uniformisation et nettoyage, valeurs en partie arrondies).

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Alzette	Ettelbrück	2015	Gardon	9	21,7	154		Filet	Échantillon composite		
Alzette	Ettelbrück	2015	Chevesne	10	21,5	132		Filet	Échantillon composite		
Sûre	Erpeldange	2015	Chevesne	6	21,2	136		Filet	Échantillon composite		
Alzette	Ettelbrück	2016	Chevesne	10	23	167	3-4	Filet	Échantillon composite	3,1	
Sûre	Erpeldange	2016	Chevesne	10	23	160	3-4	Filet	Échantillon composite	1,1	
Alzette	Ettelbrück	2018	Chevesne	10	21,6	122	2	Filet	Échantillon composite	2,7	
Alzette	Ettelbrück	2019	Vandoise	10	21,1	136	2-3	Filet	Échantillon composite	1,9	
Sûre	Erpeldange	2020	Chevesne	28	24,7	176	2-3	Filet	Échantillon composite	1,7	
Alzette	Ettelbrück	2020	Chevesne	10	21,2	149	4-6	Filet	Échantillon composite	2,3	
Sûre	Erpeldange	2021	Chevesne	1	26	365	5-6	Poisson entier	Échantillon instantané	4,1	
Alzette	Ettelbrück	2021	Chevesne	10	24	195	3-4	Filet	Échantillon composite		
Sûre	Erpeldange	2022	Truite fario	10	20	113	3-4	Filet	Échantillon composite	3	

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 192/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Alzette	Ettelbrück	2022	Chevesne	10	23,7	174	3-4	Filet	Échantillon composite	1,5	
Rhin	Reckingen	2015	Perche fluviatile	12	21,6	122	4	Filet	Échantillon composite	0,8	
Rhin	Weil	2015	Chevesne	6	19,9	90,6	3-4	Filet	Échantillon composite	2,4	
Rhin	Weil	2015	Gardon	11	17,3	65,8	3-4	Filet	Échantillon composite	1,4	
Rhin	Karlsruhe	2015	Perche fluviatile	6	19,1	107	3+	Filet	Échantillon composite	0,6	
Rhin	Mannheim	2015	Gardon	10	20,0	106	4+	Filet	Échantillon composite	1,2	
Neckar	Kirchentellinsfurt	2015	Chevesne	10	22,3	116	3+	Filet	Échantillon composite	0,8	
Neckar	Besigheim	2015	Chevesne	12	21,7	103	3	Filet	Échantillon composite	1,3	
Neckar	Besigheim	2015	Gardon	14	19,2	87,2	3	Filet	Échantillon composite	0,6	
Neckar	Kochendorf	2015	Chevesne	14	20,6	91,6	3+	Filet	Échantillon composite	0,8	
Neckar	Mannheim	2015	Chevesne	11	21,8	99	3+	Filet	Échantillon composite	0,8	
Neckar	Kochendorf	2016	Chevesne	12	21,6	98,1	3+	Filet	Échantillon composite	0,2	
Neckar	Mannheim	2016	Perche fluviatile	11	16,5	46,2	2	Filet	Échantillon composite	0,1	
Rhin	Mannheim	2016	Gardon	11	19,8	91,3	4+	Filet	Échantillon composite	0,3	

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 193/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Rhin	Reckingen	2016	Chevesne	10	22,1	128	2+	Filet	Échantillon composite	0,5	
Rhin	Weil	2016	Chevesne	4	20,9	96,6	3+	Filet	Échantillon composite	0,4	

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 194/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Neckar	Kirchentellinsfurt	2016	Chevesne	11	22,5	129	2+	Filet	Échantillon composite	1	
Neckar	Besigheim	2016	Gardon	12	21,3	115	5+	Filet	Échantillon composite	1,4	
Neckar	Mannheim	2017	Chevesne	12	16,1	42,1	2+	Filet	Échantillon composite	0,4	20,7
Neckar	Mannheim	2017	Chevesne	12	20,7	90,8	4+	Filet	Échantillon composite	0,5	21,1
Neckar	Besigheim	2017	Chevesne	19	20,9	92,5	3+	Filet	Échantillon composite	0,2	20,3
Neckar	Besigheim	2017	Chevesne	19	20,5	88	2+	Filet	Échantillon composite	0,4	19,5
Neckar	Kirchentellinsfurt	2017	Chevesne	12	21,3	102	2+	Filet	Échantillon composite	0,4	20
Neckar	Kochendorf	2017	Chevesne	13	20,9	98,6	2+	Filet	Échantillon composite	0,4	20,7
Rhin	Reckingen	2017	Chevesne	20	21,6	99,5	2+	Filet	Échantillon composite	1	22
Rhin	Reckingen	2017	Chevesne	20	21	89,6	2+	Filet	Échantillon composite	0,4	21,1
Rhin	Weil	2017	Chevesne	13	12,8	17,4	1+	Filet	Échantillon composite	0,8	21,7
Rhin	Mannheim	2017	Gardon	20	15,8	40,9	3+	Filet	Échantillon composite	0,6	21,4
Rhin	Reckingen	2018	Chevesne	8	15,9	39,5	2+	Filet	Échantillon composite	0,3	20,3
Rhin	Weil	2018	Chevesne	10	22,4	126	3+	Filet	Échantillon composite	1	21,7

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 195/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Neckar	Kirchentellinsfurt	2018	Chevesne	15	14,4	39,1	1+	Filet	Échantillon composite	0,7	20
Neckar	Besigheim	2018	Chevesne	16	18,4	73,5	2+	Filet	Échantillon composite	0,9	20,7
Neckar	Besigheim	2018	Chevesne	4	36,2	517	5+	Filet	Échantillon composite	0,6	20

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 196/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Neckar	Kochendorf	2018	Chevesne	13	16,8	52,6	1+	Filet	Échantillon composite	0,2	19,7
Rhin	Karlsruhe	2018	Gobie à taches noires	10	12,7	17,1	3+	Filet	Échantillon composite	0,1	
Rhin	Mannheim	2018	Gobie à taches noires	10	14,3	48,1	3+	Filet	Échantillon composite	0,1	20,5
Neckar	Mannheim	2018	Gobie à taches noires	10	12,8		3+	Filet	Échantillon composite	0,4	18,8
Neckar	Mannheim	2019	Chevesne	12	14,7	32,9	2	Filet	Échantillon composite	0,19	19,1
Rhin	Karlsruhe	2019	Gardon	12	19,3	95,3	2+	Filet	Échantillon composite	0,74	21,4
Neckar	Besigheim	2019	Gardon	20	14,5	32,6	2+	Filet	Échantillon composite	0,81	21,1
Neckar	Kirchentellinsfurt	2019	Chevesne	16	29,6	324	3+	Filet	Échantillon composite	1,4	21,7
Neckar	Kochendorf	2019	Chevesne	6	38	720	4+	Filet	Échantillon composite	1,5	22,1
Rhin	Reckingen	2019	Chevesne	20	24,5	156	2+	Filet	Échantillon composite	0,7	21
Rhin	Mannheim	2019	Gardon	16	12,3	23	0+	Filet	Échantillon composite	0,18	-
Rhin	Weil	2019	Chevesne	19	23,5	145	2+	Filet	Échantillon composite	1,4	21,6
Rhin	Reckingen	2021	Chevesne	23	14,7	36,2	1+	Filet	Échantillon composite	0,6	19,5
Rhin	Weil	2021	Chevesne	14	22,5	127	2+	Filet	Échantillon composite	1,5	22,2
Rhin	Karlsruhe	2021	Gardon	22	15,9	51,2	1+	Filet	Échantillon composite	1,2	22,2

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 197/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Rhin	Mannheim	2021	Gardon	12	13,6	32,2	1+	Filet	Échantillon composite	1,2	21,4
Neckar	Kirchentellinsfurt	2021	Chevesne	11	24,7	149	4+	Filet	Échantillon composite	0,8	20,7

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 198/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Neckar	Besigheim	2021	Chevesne	13	13,3	26,5	1+	Filet	Échantillon composite	0,6	20,2
Neckar	Kochendorf	2021	Chevesne	18	15,6	24,6	1+	Filet	Échantillon composite	0,4	19,3
Neckar	Mannheim	2021	Chevesne	24	15,2	40,6	1+	Filet	Échantillon composite	0,5	20,0
Sarre	Fremersdorf	2015	Chevesne	12	13,3	25,8		Poisson entier	Échantillon composite	1,9	
Sarre	Fremersdorf	2015	Chevesne	9	18,1	68		Poisson entier	Échantillon composite	2,2	
Sarre	Fremersdorf	2015	Perche fluviatile	9	19,9	113		Filet	Échantillon composite	1,1	
Sarre	Fremersdorf	2015	Chevesne	10	23	147		Filet	Échantillon composite	1,4	
Sarre	Fremersdorf	2015	Gardon	26	19,4	92,9		Filet	Échantillon composite	2	
Blies	Reinheim	2022	Gardon	10	16,7	72	3	Filet	Échantillon composite	2,9	24,9
Blies	Reinheim	2022	Chevesne	10	18,7	81,9	3	Filet	Échantillon composite	1,4	22,2
Sarre	Fremersdorf	2022	Gardon	10	15,7	58,3	3	Filet	Échantillon composite	1,8	23,5
Sarre	Fremersdorf	2022	Chevesne	10	17,3	62,5	3	Filet	Échantillon composite	1,2	21,8
Rhin	Bad Honnef	2019	Gardon	6	15,8	41,5		Filet	Échantillon composite	1,2	25,8
Rhin	Bad Honnef	2021	Gardon	10	15	32,8		Filet	Échantillon composite	1,4	23,3
Rhin	/Bad Honnef	2022	Gardon	10	11,1	15,6		Filet	Échantillon composite	0,37	24,1

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 199/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Ruhr	Mülheim-Kahlenberg	2015	Chevesne	10	19,1	75,4		Filet	Échantillon composite	2,07	
Ruhr	Mülheim-Kahlenberg	2016	Perche fluviatile	9	19,8	105	2+ - 3+	Filet	Échantillon composite	0,15	23,8

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 200/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Rhin	Bad Honnef	2015	Chevesne	10	25,7	190		Filet	Échantillon composite	2,12	
Rhin	Bad Honnef	2016	Perche fluviatile	9	22,6	165	2+ - 3+	Filet	Échantillon composite	1,1	24,5
Wupper	Opladen	2018	Chevesne	10	23,3	132	2+ - 2+	Filet	Échantillon composite	0,15	27,9
Wupper	Opladen	2019	Perche fluviatile	10	18,9	80,4		Filet	Échantillon composite	0,47	11,8
Wupper	Opladen	2021	Chevesne	10	18,6	73,6		Filet	Échantillon composite	0,93	22,9
Wupper	Opladen	2022	Chevesne	6	32,1	396		Filet	Échantillon composite	2	39,3
Wupper	Opladen	2022	Chevesne	4	36,8	584		Filet	Échantillon composite	1,4	26,6
Ruhr	Mülheim-Kahlenberg	2018	Perche fluviatile	11	18,2	74,9		Filet	Échantillon composite	0,14	23
Ruhr	Mülheim-Kahlenberg	2019	Perche fluviatile	10	16,8	54,6		Filet	Échantillon composite	0,29	8,8
Ruhr	Mülheim-Kahlenberg	2021	Perche fluviatile	10	19,5	93		Filet	Échantillon composite	0,5	23,9
Ruhr	Mülheim-Kahlenberg	2022	Perche fluviatile	9	16,3	63,1		Filet	Échantillon composite		25,9
Rhin	Clèves-Bimmen	2018	Gardon	10	22	148	2+ - 3+	Filet	Échantillon composite	0,14	26,3
Rhin	Clèves-Bimmen	2018	Perche fluviatile	7	23,1	189	2+ - 3+	Filet	Échantillon composite	0,13	23,9
Rhin	Clèves-Bimmen	2021	Perche fluviatile	10	11,5	16,8		Filet	Échantillon composite	0,44	21,5
Lippe	Wesel	2019	Chevesne	10	15,4	30,7		Filet	Échantillon composite	0,26	26

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 201/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Lippe	Wesel	2021	Chevesne	10	17,2	69,2		Filet	Échantillon composite	1	22,9
Lippe	Wesel	2022	Perche fluviatile	5	16,8	60,4		Filet	Échantillon composite	0,18	23

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 202/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Lippe	Wesel	2022	Perche fluviatile	5	13,2	25,6		Filet	Échantillon composite		21,6
Lippe	Wesel	2015	Chevesne	3	29,3	312		Filet	Échantillon composite	1,1	
Rhin	Clèves-Bimmen	2015	Brème	7	18,9	60,6		Filet	Échantillon composite	0,64	
Rhin	Clèves-Bimmen	2016	Gardon	8	16	53,3	2+ - 2+	Filet	Échantillon composite	1,1	21
Rhin	Clèves-Bimmen	2016	Gardon	8	20	113	2+ - 4+	Filet	Échantillon composite	1,27	21,2
Wupper	Opladen	2015	Gardon	9	13,3	26,9		Filet	Échantillon composite	2,3	
Wupper	Opladen	2016	Truite fario	9	24,6	165	2+ - 2+	Filet	Échantillon composite	2,13	23,6
Rhin	Hollands Diep	2017	Gardon	10	10,3	11,1	2	Poisson entier	Échantillon composite	4,2	24,9
Rhin	Ketelmeer	2017	Gardon	11	13,8	32,9	2	Poisson entier	Échantillon composite	5,5	27,6
Rhin	Nieuwe Waterweg	2018	Flet	9	19,1	76,9	2	Poisson entier	Échantillon composite	1,9	20,7
Rhin	Hollands Diep	2018	Gardon	21	11,8	16,1	2	Poisson entier	Échantillon composite	5,3	27,1
Rhin	Hollands Diep	2019	Gardon	9	14,9	49,8	2	Poisson entier	Échantillon composite	5,6	27,7
Rhin	IJsselmeer	2019	Gardon	10	10,1	14,3	2	Poisson entier	Échantillon composite	3,9	25,1
Rhin	Hollands Diep	2020	Gardon	32	11,3	14,6	2	Poisson entier	Échantillon composite	6,3	27
Rhin	Ketelmeer	2020	Gardon	11	15	42,6	2	Poisson entier	Échantillon composite	8,6	29,2

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 203/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Rhin	Nieuwe Waterweg	2021	Flet	21	17,3	53,6	2	Poisson entier	Échantillon composite	1,7	19,3
Rhin	Rhin	2021	Gardon	14	12,4	18,7	2	Poisson entier	Échantillon composite	1,7	22,9

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 204/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Rhin	Hollands Diep	2021	Gardon	10	14,6	34,1	2	Poisson entier	Échantillon composite	5,4	25,8
Rhin	Hollands Diep	2022	Gardon	25	11	13,7	2	Poisson entier	Échantillon composite	4,2	25,2
Rhin	IJsselmeer	2022	Gardon	28	11,4	11,1	2	Poisson entier	Échantillon composite	4,6	25,5
Main	PK 8,0-8,2	2022	Perche fluviatile	13	17,4	73,2	3 – 4	Filet	Échantillon composite	1,8	23,3
Main	PK 8,0-8,2	2021	Gardon	12	14,4	33,3	2 - 3	Filet	Échantillon composite	4,1	23,8
Lahn	Limburg	2022	Chevesne	10	23,9	148	3 – 4	Filet	Échantillon composite	1,8	21,7
Lahn	Limburg	2022	Chevesne	10	22	109	3	Filet	Échantillon composite	1	21,2
Lahn	Solms-Oberbiel	2022	Perche fluviatile	11	17,6	73,7	4	Filet	Échantillon composite	2,2	22,5
Lahn	Solms-Oberbiel	2021	Perche fluviatile	11	17,5	77,3	2 - 3	Filet	Échantillon composite	2,5	22,9
Kinzig	Kinzig	2021	Perche fluviatile	12	17,4	61,7	3 – 4	Filet	Échantillon composite	2,3	22,8
Weschnitz	Einhausen-Ost	2022	Chevesne	11	21,8	110	3	Filet	Échantillon composite	1,8	23,4
Schwarzbach	Trebur-Astheim	2022	Chevesne	10	22,5	131	3	Filet	Échantillon composite	2,2	20,2
Schwarzbach	Trebur-Astheim	2021	Chevesne	10	24,3	177	3 – 4	Filet	Échantillon composite	1,6	22
Main	PK 8,0-8,2	2018	Perche fluviatile	7	22,4		3	Filet	Échantillon composite	0,59	
Main	PK 8,0-8,2	2018	Gardon	8	23,6		3,38	Filet	Échantillon composite	1,8	

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 205/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Lahn	Limburg	2018	Chevesne	5	13		1,2	Filet	Échantillon composite	0,098	
Rhin	Petersau	2022	Perche fluviatile	9	14,4	44,9	2+	Filet	Échantillon composite	1,2	20,2

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 206/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Rhin	Budenheim	2022	Perche fluviatile	10	18,7	117	2+	Filet	Échantillon composite	1,3	21,6
Rhin	St. Goar	2022	Perche fluviatile	10	18,8	153	2+	Filet	Échantillon composite	1,2	20,4
Moselle	Detzem	2022	Chevesne	10	23,8	242	2+	Filet	Échantillon composite	1	20,4
Moselle	Detzem	2022	Perche fluviatile	10	17,6	81,1	2+	Filet	Échantillon composite	1	20,9
Moselle	Palzem	2022	Perche fluviatile	10	17,7	98,2	2+	Filet	Échantillon composite	0,9	21,9
Sarre	Schoden	2022	Perche fluviatile	6	22,5	193	2+	Filet	Échantillon composite	0,7	20,5
Sûre	Metzdorf	2022	Perche fluviatile	10	17,2	74,6	2+	Filet	Échantillon composite	1,3	21,1
Lahn	Cours inférieur de la Lahn	2022	Chevesne	5	21,1	134	2+	Filet	Échantillon composite	1,1	19,7
Rhin	St. Goar	2022	Perche fluviatile	10	14,9	62,3	2+	Filet	Échantillon composite	1,5	21,4
Rhin	Petersau	2015	Gardon	9	20,3	121	3	Filet	Échantillon composite	2,2	
Rhin	Petersau	2015	Perche fluviatile	16	17,5	76,8	3	Filet	Échantillon composite	0,9	
Rhin	St. Goar	2015	Gardon	11	19,5	102	3	Filet	Échantillon composite	2	
Rhin	St. Goar	2015	Perche fluviatile	13	20,4	128	3	Filet	Échantillon composite	0,9	
Moselle	Detzem	2015	Perche fluviatile	9	21,4	138	3	Filet	Échantillon composite	0,9	
Moselle	Detzem	2015	Gardon	9	20,4	113	3	Filet	Échantillon composite	2,1	

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 207/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Moselle	Detzem	2015	Gardon	10	18,4	84		Filet	Échantillon composite	2	
Moselle	Detzem	2015	Perche fluviatile	10	18,7	86,2		Filet	Échantillon composite	1,2	

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 208/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Moselle	Palzem	2015	Perche fluviatile	10	18,1	80,7		Filet	Échantillon composite	1	
Moselle	Palzem	2015	Gardon	10	19	82,9		Filet	Échantillon composite	1,5	
Sûre	Metzdorf	2015	Barbeau	8	22,6	115		Filet	Échantillon composite	3,6	
Sûre	Metzdorf	2015	Gardon	11	18,6	83,9		Filet	Échantillon composite	1,9	
Sûre	Metzdorf	2015	Perche fluviatile	10	17,7	80		Filet	Échantillon composite	0,8	
Sarre	Schoden	2015	Perche fluviatile	6	21	152		Filet	Échantillon composite	1,1	
Sarre	Schoden	2015	Gardon	15	18,6	90,6		Filet	Échantillon composite	2	
Moselle	Detzem	2015	Chevesne	2	35	519		Filet	Échantillon composite	1	
Moselle	Detzem	2015	Chevesne	8	20,4	105		Filet	Échantillon composite	0,8	
Meurthe	Saint-Clément	2022	Chevesne	5	21,2	93	3	Filet	Échantillon composite	0,8	22,9
Meurthe	Damelevières	2022	Chevesne	8	21,2	90,6	3	Filet	Échantillon composite	1	22,9
Meurthe	Damelevières	2022	Perche fluviatile	8	19,2	78,1	3	Filet	Échantillon composite	0,8	24
Moselle	Tonnoy	2017	Chevesne	10	25,5	181	4	Filet	Échantillon composite	1,7	19,9
Moselle	Tonnoy	2021	Chevesne	9	25,3	164	4	Filet	Échantillon composite	0,7	19,8
Moselle	Liverdun	2015	Barbeau	1	22	80	3	Poisson entier	Échantillon instantané	3,4	23,5

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 209/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Moselle	Liverdun	2015	Brème bordelière	8	19,4	94,4	3	Poisson entier	Échantillon composite	8,2	28,7
Moselle	Liverdun	2015	Brème bordelière	12	19,6	102	3	Filet	Échantillon composite	4,4	23,2

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 210/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Moselle	Liverdun	2015	Chevesne	2	27,5	249	4	Poisson entier	Échantillon composite	1,8	22,6
Moselle	Liverdun	2015	Chevesne	8	22,5	125	3	Filet	Échantillon composite	0,8	19,8
Moselle	Liverdun	2015	Gardon	13	19,8	98,8	3	Filet	Échantillon composite	2,1	20,3
Moselle	Liverdun	2015	Perche fluviatile	16	19,2	87,9	3	Filet	Échantillon composite	1,1	20,1
Moselle	Liverdun	2015	Perche fluviatile	4	23,8	204	4	Filet	Échantillon composite	1,5	20,3
Moselle	Liverdun	2015	Sandre	1	25	131	2	Poisson entier	Échantillon instantané	3	20,4
Moselle	Liverdun	2015	Sandre	2	39,5	638	3	Filet	Échantillon composite	1,1	21,5
Moselle	Liverdun	2022	Chevesne	8	25,7	182	4	Filet	Échantillon composite	1	20,8
Moselle	Liverdun	2022	Perche fluviatile	8	22,7	161	4	Filet	Échantillon composite	1,9	23,7
Moselle	Millery – Vandières	2015	Brème bordelière	15	18,1	78,7	3	Filet	Échantillon composite	3,7	22,6
Moselle	Millery – Vandières	2015	Chevesne	1	24	134	3	Poisson entier	Échantillon instantané	3,7	26
Moselle	Millery – Vandières	2015	Gardon	8	19	97,1	3	Filet	Échantillon composite	2,2	23,6
Moselle	Millery – Vandières	2015	Perche fluviatile	1	27	287	5	Poisson entier	Échantillon instantané	4	26
Moselle	Millery – Vandières	2015	Perche fluviatile	2	16,5	61	3	Poisson entier	Échantillon composite	5	26
Moselle	Millery – Vandières	2015	Perche fluviatile	4	22,9	157	4	Poisson entier	Échantillon composite	3,4	27,2

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 211/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Moselle	Millery – Vandières	2015	Perche fluviatile	14	19,1	88,9	3	Filet	Échantillon composite	1,4	21
Moselle	Millery – Vandières	2015	Sandre	10	25,9	158	2	Filet	Échantillon composite	1,1	20,8

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 212/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Moselle	Millery – Vandières	2015	Sandre	1	39	606	3	Filet	Échantillon instantané	1,9	22,7
Moselle	Millery – Vandières	2015	Sandre	1	33	380	2	Filet	Échantillon instantané	1,1	22,6
Moselle	Millery – Vandières	2022	Chevesne	7	23,9	156	3	Filet	Échantillon composite	0,9	20,6
Moselle	Millery – Vandières	2022	Perche fluviatile	6	21,8	135	3	Filet	Échantillon composite	1,2	21,9
Moselle	Millery – Vandières	2022	Perche fluviatile	1	29,8	396	6	Filet	Échantillon composite	1,1	22,6
Moselle	Millery – Vandières	2022	Silure	1	80	-	3	Filet	Échantillon instantané	0,7	19,9
Moselle	Millery – Vandières	2015	Chevesne	2	24,5	156	3	Poisson entier	Échantillon composite	3	25,5
Moselle	Millery – Vandières	2015	Chevesne	13	22,2	115	3	Filet	Échantillon composite	1,2	21,2
Moselle	Millery – Vandières	2015	Gardon	14	19,5	95,8	3	Filet	Échantillon composite	1,9	22,9
Moselle	Millery – Vandières	2015	Gardon	7	25,7	242	5	Filet	Échantillon composite	3,3	24,6
Moselle	Millery – Vandières	2015	Gardon	6	21,8	140	3	Filet	Échantillon composite	1,9	23,9
Moselle	Millery – Vandières	2015	Perche fluviatile	12	14,5	39,3	2	Poisson entier	Échantillon composite	1,8	25,7
Moselle	Millery – Vandières	2015	Silure	1	66	1 788	3	Filet	Échantillon instantané	1	20
Moselle	Millery – Vandières	2019	Chevesne	8	27,6	264	4	Filet	Échantillon composite	1,36	22
Moselle	Millery – Vandières	2021	Chevesne	10	22,8	137	3	Filet	Échantillon composite	0,6	22,9

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 213/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Moselle	Millery – Vandières	2022	Chevesne	8	26,3	224	4	Filet	Échantillon composite	1,2	21,3
Moselle	Millery – Vandières	2022	Perche fluviatile	5	18,6	81,4	3	Filet	Échantillon composite	0,8	20,9

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 214/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Moselle	Millery – Vandières	2022	Silure	1	75	-	3	Filet	Échantillon instantané	0,7	19,2
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Brème	8	19,9	100	3	Filet	Échantillon composite	5,7	25,7
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Perche fluviatile	1	34,6	636	9	Filet	Échantillon composite	0,8	22,5
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Perche fluviatile	8	20,6	113	3	Filet	Échantillon composite	0,8	21,1
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Silure	1	72	-	3	Filet	Échantillon instantané	0,6	19,3
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Chevesne	8	22,9	153	3	Filet	Échantillon composite	1	20
Sarre	Sarraltroff	2020	Chevesne	9	22,4	115	3	Filet	Échantillon composite	2,2	21,6
Sarre	Sarraltroff	2022	Chevesne	8	22,9	153	3	Filet	Échantillon composite	1,2	20,1
Sarre	Sarraltroff	2022	Gardon	7	16,3	72,1	3	Filet	Échantillon composite	1,6	21,4
Sarre	Keskastel	2022	Chevesne	8	22,9	153	3	Filet	Échantillon composite	0,9	20,4
Sarre	Keskastel	2022	Gardon	8	20	97,3	3	Filet	Échantillon composite	2,3	22,2
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2022	Chevesne	8	22,9	153	3	Filet	Échantillon composite	0,9	19,9
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2022	Gardon	8	17,4	86,6	3	Filet	Échantillon composite	2	22,7
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2015	Brème bordelière	4	16,3	49	3	Poisson entier	Échantillon composite	6,1	25,9
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2015	Brème	6	19,3	75	3	Poisson entier	Échantillon composite	4,3	26,8

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023

Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311

Code d'étude IME : 2023-030

- page 215/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2015	Chevesne	10	21,7	113	3	Filet	Échantillon composite	1,4	20,3
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2015	Gardon	11	20	97,3	3	Filet	Échantillon composite	2,1	22,2

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 216/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Espèce de poisson	N (poissons)	Longueur [en cm]	Poids [en g]	Âge [A]	Échantillon	Échantillon	Taux de lipides [%]	MS [%]
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2015	Perche fluviatile	6	14,2	32,5	2	Poisson entier	Échantillon composite	2,3	26,1
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2015	Perche fluviatile	1	25	225	5	Poisson entier	Échantillon instantané	3,6	23
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2015	Perche fluviatile	6	19,9	98,3	3	Poisson entier	Échantillon composite	2,2	27,7
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2022	Chevesne	8	22,9	153	3	Filet	Échantillon composite	0,9	20,4
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2022	Gardon	5	17,7	69,8	3	Filet	Échantillon composite	2,1	22,2
Sarre	Güdingen/ Grosbliederstroff	2022	Gardon	6	14,4	35,7	2	Filet	Échantillon composite	1,6	22,4
Rhin	Fußbach	2019	Chevesne	6				Poisson entier	Échantillon composite	4,5	26,2
Rhin	Fußbach	2022	Chevesne	2	33,8	422	4,5	Poisson entier	Échantillon composite	3,2	25,6
Rhin	Fußbach	2022	Chevesne	4	24,4	187	2,5	Poisson entier	Échantillon composite	4,7	27,3

Tableau 23 : Vue d'ensemble du groupe d'échantillons de coquillages avec données biométriques (toutes les données après uniformisation et nettoyage).

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Genre	Classe de taille [cm]	Poids avec coquille [g]	Poids du corps mou [g]	N (spécimen individuel)	Taux de lipides [%]	TMS [%]
Rhin	Reckingen	2015	Corbicula	< 1, 1-2	800	122	-	1,6	-
Rhin	Weil	2015	Corbicula	< 1, 1-2, > 2	1600	135	-	2	-
Neckar	Besigheim	2015	Corbicula	1-2, > 2	900	154	-	2,3	-
Neckar	Kochendorf	2015	Corbicula	1-2, > 2	2000	153	-	2,9	-
Neckar	Mannheim	2015	Corbicula	1-2, > 2	1 900	160	-	3	-
Rhin	Reckingen	2016	Corbicula	1-2, > 2	1200	149	-	0,7	-
Rhin	Weil	2016	Corbicula	1-2, > 2	1 800	248	-	0,9	-
Rhin	Mannheim	2016	Dreissena	1-2	1200	199	-	0,3	-
Neckar	Besigheim	2016	Corbicula	1-2, > 2	1 000	174	-	2,6	-
Neckar	Kochendorf	2016	Corbicula	1-2, > 2	2000	276	-	2,1	-
Neckar	Mannheim	2016	Corbicula	1-2, > 2	1 000	131	-	1,4	-
Rhin	Reckingen	2017	Corbicula	1-2	1 700	196	-	1,1	11,5
Rhin	Weil	2017	Corbicula	1-2	1100	86	-	0,3	8
Rhin	Mannheim	2017	Dreissena	1-2	1 500	181	-	0,3	8,8
Neckar	Besigheim	2017	Corbicula	1-2, > 2	400	53	-	-	18,3
Neckar	Kochendorf	2017	Corbicula	1-2, > 2	1 800	189	-	2,9	17,9
Neckar	Mannheim	2017	Corbicula	> 2	1 900	285	-	2,4	15,3
Rhin	Reckingen	2018	Corbicula	1-2	2 323	237	-	1	10,9
Rhin	Reckingen	2019	Corbicula	1-2	1 900	211	-	0,79	9,3
Rhin	Karlsruhe	2019	Dreissena	1-2	1200	160	-	0,36	7,5
Rhin	Mannheim	2019	Dreissena	1-2	1600	243	-	0,29	5,7
Neckar	Besigheim	2019	Dreissena	1-2	1300	151	-	0,69	8,4
Neckar	Kochendorf	2019	Dreissena	1-2	1200	163	-	1,2	10,3
Neckar	Mannheim	2019	Dreissena	1-2	1400	240	-	1,4	9,4
Rhin	Reckingen	2021	Dreissena	1-2, > 2	862	173	-	0,1	5,38
Rhin	Weil	2021	Corbicula	1-2, > 2	1 393	192	-	1,7	12,8
Rhin	Weil	2021	Dreissena	1-2, > 2	905	187	-	0,8	10,2

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Genre	Classe de taille [cm]	Poids avec coquille [g]	Poids du corps mou [g]	N (spécimen individuel)	Taux de lipides [%]	TMS [%]
Rhin	Karlsruhe	2021	Dreissena	1-2, > 2	2 309	309	-	0,7	10,1
Rhin	Mannheim	2021	Dreissena	1-2, > 2	2 182	313	-	0,7	10,3
Neckar	Besigheim	2021	Dreissena	1-2, > 2	1 112	159	-	1,2	11,1
Neckar	Kochendorf	2021	Dreissena	1-2, > 2	1931	253	-	0,7	9,20
Neckar	Mannheim	2021	Dreissena	1-2, > 2	2786	406	-	0,3	9,09
Rhin	Reckingen	2022	Dreissena	1-2	1931	244	-	0,4	7,3
Rhin	Weil	2022	Dreissena	1-2, > 2	1 325	162	-	0,6	8
Rhin	Karlsruhe	2022	Dreissena	1-2, > 2	2047	209	-	0,5	7,4
Rhin	Mannheim	2022	Dreissena	< 1,1-2	1895	164	-	0,4	8,3
Neckar	Besigheim	2022	Dreissena	1-2, > 2	2 254	256	-	1	9,7
Neckar	Kochendorf	2022	Dreissena	1-2, > 2	1 753	205	-	1	9,9
Neckar	Mannheim	2022	Dreissena	1-2, > 2	2004	242	-	1,4	10
Rhin	Ketelmeer	2017	Dreissena	1,57	0,1	>200	0,2	3	
Rhin	Hollands Diep	2017	Dreissena	1,57		0,08	>200	0,3	3,4
Rhin	Hollands Diep	2018	Dreissena	1,64		0,16	>200	0,4	4,8
Rhin	IJsselmeer	2019	Dreissena	1,71		0,07	>200	0,7	7,1
Rhin	Hollands Diep	2019	Dreissena	1,64		0,14	>200	0,5	5,5
Rhin	Lobith	2019	Dreissena	1,61		0,14	>200	0,5	5,7
Rhin	Hollands Diep	2020	Dreissena	1,74		0,22	>200	0,6	5,6
Rhin	Ketelmeer	2020	Dreissena	1,72		0,26	>200	0,9	7
Rhin	Hollands Diep	2021	Dreissena	1,73		0,21	>200	0,5	5,5
Rhin	Lobith	2021	Dreissena	1,68		0,17	>200	1,3	9
Rhin	Nieuwe Maas	2021	Dreissena	1,62		0,17	>200	0,5	4,9
Rhin	Hollands Diep	2022	Dreissena	1,68		0,13	>200	0,6	7,5
Rhin	IJsselmeer	2022	Dreissena	1,66		0,2	>200	0,3	3,7
Schwarzbach	Astheim	2021	Corbicula	2,3 - 2,8		67,9	95	2,97	18,3
Weschnitz	Biblis-Wattenheim	2021	Corbicula	2,5 - < 2,9		98,6	95	1,8	13,2
Kinzig	Hanau	2021	Corbicula	2,2 - < 2,6		93,3	95	3,64	21,7
Lahn	Limburg	2021	Corbicula	2,4 - 2,8		70,4	75	2,42	19,8
Lahn	Solms-Oberbiel	2021	Corbicula	2,5 - 2,6		91,9	51	3,12	23,3

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Genre	Classe de taille [cm]	Poids avec coquille [g]	Poids du corps mou [g]	N (spécimen individuel)	Taux de lipides [%]	TMS [%]
Nidda	Nied	2021	Corbicula	2,5 - < 3,0		81,0	73	2,8	17,4
Weschnitz	Biblis-Wattenheim	2022	Corbicula	2,8	7		80		
Schwarzbach	Astheim	2022	Corbicula	2,62	6,3		81		
Kinzig	Hanau	2022	Corbicula	2,56	6,8		80		
Lahn	Limburg	2022	Corbicula	2,73	8,4		95		
Lahn	Solms-Oberbiel	2022	Corbicula	3,12	10,7		54		
Weschnitz	Biblis-Wattenheim	2020	Corbicula	2,5 - 3,1	196	22	30		
Schwarzbach	Astheim	2020	Corbicula	2,3 - 2,5	170	20	33		
Kinzig	Hanau	2020	Corbicula	1,8 - 2,1	119	14	34		
Lahn	Solms-Oberbiel	2020	Corbicula	2,6 - 3,3	292	66	33		
Nidda	Nied	2020	Corbicula	2,4 - 2,6	203	23	31		
Lahn	Limburg	2020	Corbicula	2,7 - 4,0	442	91	32		
Moselle	Detzem	2015	Dreissena						
Sarre	Schoden	2015	Mélange : Dreiss. + Corb.						
Rhin	Budenheim	2015	Dreissena						
Moselle	Palzem	2015	Dreissena						
Moselle	Detzem	2015	Dreissena						
Rhin	Cours amont du Rhin supérieur	2015	Dreissena						
Moselle	Palzem	2023	Dreissena	2,5-3	337	80,6	100	1,1	11,6
Moselle	Palzem	2023	Dreissena	2,5-3	370	108	100	1	11,5
Moselle	Palzem	2023	Dreissena	2,5-3	320	89,2	99	1,1	11,2
Moselle	Detzem	2023	Dreissena	2,5-3	263	67,0	100	1	7,4
Moselle	Detzem	2023	Dreissena	2,5-3	212	43,7	109	0,7	6,4
Rhin	Petersau	2023	Dreissena	2,5-3	179	34,0	102	0,7	5,9
Rhin	Budenheim	2023	Dreissena	2 - 2,5	214	53,2	99	0,6	4,2
Rhin	St. Goar	2023	Dreissena	2,5-3	277	44,5	125	0,7	5,7
Sarre	Schoden	2023	Dreissena	2,5-3	319	89,4	79	0,9	10,9
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2-2,5	6,5	1,7	5	1,31	22,1

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Genre	Classe de taille [cm]	Poids avec coquille [g]	Poids du corps mou [g]	N (spécimen individuel)	Taux de lipides [%]	TMS [%]
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2 - 2,5	11,7	4,04	9	2,27	22,2
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2 - 2,5	11,7	4,07	9	4,35	24,4
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2,5-3	9	4,25	6	3,63	24,2
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2,5-3	6	4,04	4	3,39	26,2
Meurthe	Bouxières	2021	Dreissena	2 - 2,5	18,2	3,58	14	1,3	19,2
Moselle	Liverdun	2021	Dreissena	2 - 2,5	19,5	3,34	15	2,1	19,9
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2 - 2,5	20,8	3,45	16	1,4	16,2
Moselle	Millery – Vandières	2021	Dreissena	2 - 2,5	20,8	3,23	16	0,7	18,1
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2 - 2,5	20,8	3,53	16	0,7	17,8
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2 - 2,5	19,5	3,44	15	0,4	18,0
Moselle	Millery – Vandières	2021	Dreissena	2 - 2,5	23,4	3,41	18	1,2	18,6
Moselle	Liverdun	2021	Dreissena	2 - 2,5	19,5	4,19	15	0,8	20,9
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2 - 2,5	19,5	3,79	15	0,4	22,4
Moselle	Millery – Vandières	2021	Dreissena	2 - 2,5	19,5	4,09	15	0,5	22,4
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2 - 2,5	19,5	4,00	15	0,8	21,1
Meurthe	Saint-Clément	2021	Dreissena	2 - 2,5	20,8	4,06	16	0,8	21,4
Moselle	Tonnoy	2021	Dreissena	2 - 2,5	18,2	4,28	14	0,4	19,1
Moselle	Uckange – Sierck	2021	Dreissena	2 - 2,5	18,2	4,12	14	0,6	22,5
Moselle	Millery – Vandières	2021	Dreissena	2 - 2,5	19,5	4,21	15	1,7	22,1
Meurthe	Bouxières	2021	Dreissena	2 - 2,5	23,4	4,03	18	0,3	21,6
Sarre	Grosbliederstroff	2022	Dreissena	2 - 2,5	18,2	4,90	14	1,2	10,2
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Dreissena	2 - 2,5	18,2	5,42	14	0,9	11,6
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Dreissena	2 - 2,5	14,3	5,13	11	0,9	11,0
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Dreissena	2 - 2,5	18,2	5,19	14	0,8	10,6
Moselle	Liverdun	2022	Dreissena	2 - 2,5	20,8	5,18	16	1,4	12,1
Moselle	Millery – Vandières	2022	Dreissena	2 - 2,5	31,2	5,92	24	1,7	13,8
Meurthe	Bouxières	2022	Dreissena	2 - 2,5	19,5	5,39	15	1,1	13,2
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Dreissena	2 - 2,5	24,7	5,49	19	1,3	10,0
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Dreissena	2 - 2,5	19,5	5,03	15	0,6	8,76
Sarre	Sarraltroff	2022	Dreissena	2 - 2,5	18,2	5,04	14	0,3	8,92

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 221/221 -

Cours d'eau	Lieu de capture	Année	Genre	Classe de taille [cm]	Poids avec coquille [g]	Poids du corps mou [g]	N (spécimen individuel)	Taux de lipides [%]	TMS [%]
Sarre	Grosbliederstroff	2022	Dreissena	2 - 2,5	15,6	5,04	12	0,4	8,74
Moselle	Uckange – Sierck	2022	Dreissena	2 - 2,5	20,8	5,12	16	0,5	9,29
Moselle	Liverdun	2022	Dreissena	2 - 2,5	20,8	5,23	16	0,3	9,11
Moselle	Millery – Vandières	2022	Dreissena	2 - 2,5	23,4	5,53	18	0,4	7,56
Moselle	Millery – Vandières	2022	Dreissena	2 - 2,5	20,8	5,28	16	0,3	7,53
Meurthe	Bouxières	2022	Dreissena	2 - 2,5	26	4,96	20	0,1	8,53